

MARCOS RAFAEL NANNI

**DELIMITAÇÃO DE UNIDADES FISIAGRÁFICAS
PARA ESTUDO DE SOLOS UTILIZANDO
ANÁLISE MULTIVARIADA E TÉCNICAS
DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre.

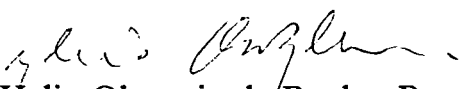
Orientador: Prof. Dr. Helio Olympio da Rocha

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO
"MESTRADO"**

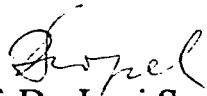
P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MARCOS RAFAEL NANNI**, com o título: "**DELIMITAÇÃO DE UNIDADES FISIAGRÁFICAS PARA ESTUDO DE SOLOS UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA E TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**" para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação com o conceito "A" completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo".

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 02 de março de 1995.


Prof. Dr. Helio Olympio da Rocha, Presidente.


Prof. Dr. Gilberto José Garcia, Iº Examinador.


Prof. Dr. Iraci Scopel, IIº Examinador.

Aos meus Pais José e Zenaide

A Minha Esposa Valéria

As minhas crianças Amanda e
Carolina

A Meus Irmãos Júnior, Mirna,
Márcia, Sérgio
e Edicezar

A minha sogra Laura

A meu Sogro (in memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- A DEUS todo poderoso, pela oportunidade que me deste na vida para a realização deste trabalho;
- A meu Anjo da Guarda que nos caminhos desta vida me protegeu, para chegar sem sofrimento ao meu destino;
- Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio oferecido;
- Ao Professor Dr. Helio Olympio da Rocha, pelo estímulo, apoio e valiosa orientação;
- Ao meu irmão Edicezar Leandro Nanni pela valiosa colaboração e auxílio na computação e produção de programas que tornaram o trabalho mais facilitado;
- A CAPES pela concessão da Bolsa de Estudos através do PICD/UEM;
- A Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná pela concessão de financiamento para execução dos trabalhos;
- As prefeituras de Ivatuba e Dr. Camargo pela disposição de recursos e mão-de-obra necessária para a realização dos trabalhos de campo;
- Aos colegas do curso de pós-graduação em ciência do solo da Universidade Federal do Paraná pela força na solução de dúvidas que surgiram durante os trabalhos;
- Aos colegas da área de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, pelo apoio, incentivo e amizade;
- Aos funcionários Lucílio, Célia e Marlene do Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Maringá pela execução das análises de solos;
- Ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento das imagens orbitais dos sensores TM-LANDSAT E HRV-SPOT, das quais foi possível a realização deste trabalho;
- A minha amável e grande família pelo estímulo, compreensão e carinho;
- Agradeço ainda a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram e apoiaram a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	páginas
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xviii
SUMMARY.....	xx
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 A necessidade dos levantamentos de solos.....	03
2.2 Aplicação de tecnologia de sensores remotos para a pesquisa em levantamentos de solos.....	07
2.2.1 Uso de fotografias aéreas no levantamento de solos.....	09
2.2.1.1 Fotografias aéreas e a rede de drenagem.....	13
2.2.1.2 Fotografias aéreas e o relevo.....	15
2.2.2 Uso de imagens orbitais para levantamento de solos.....	17
2.3 Reflectância dos solos.....	24
2.4 Utilização da análise de agrupamentos na discriminação das unidades de solos.....	29
3 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA.....	31
3.1 Localização geográfica.....	31
3.2 Justificativa da escolha da área.....	31
3.3 Clima.....	32

3.4 Geologia.....	33
3.5 Vegetação.....	34
3.6 Relevo.....	35
3.7 Solos.....	36
4 MATERIAIS	39
4.1 Materiais de escritório.....	39
4.1.1 Documentação cartográfica.....	39
4.1.2 Fotografias aéreas.....	40
4.1.3 Imagens orbitais.....	41
4.1.4 Estereoscópio.....	42
4.1.5 Sistema computadorizado para tratamento de imagens digitais.....	42
4.1.6 Softwares.....	43
4.1.6.1 Sistema de informação geográfica.....	43
4.1.6.2 Sistema de tratamento de imagens.....	43
4.1.6.3 Software estatístico e de análise multivariada.....	43
4.1.6.4 Banco de dados.....	43
4.1.6.5 Softwares específicos.....	44
4.2 Materiais de campo.....	44
5 METODOLOGIA.....	45
5.1 Métodos de escritório.....	45
5.1.1 Interpretação das fotografias aéreas pancromáticas.....	46
5.1.2 Definição da escala média das fotografias aéreas verticais.....	46
5.1.3 Digitalização dos mapas básicos.....	48

5.1.4	Obtenção do mapa de drenagem básico.....	48
5.1.5	Obtenção do mapa de declividade.....	49
5.1.6	Processamento das imagens digitais.....	49
5.1.6.1	Registro das imagens.....	49
5.1.6.2	Tratamento digital das imagens.....	52
5.1.7	Construção da grade regular para obtenção dos parâmetros a serem utilizados na análise multivariada.....	53
5.1.7.1	Cruzamento grade x mapa de declividade.....	53
5.1.7.2	Cruzamento grade x imagens TM-LANDSAT.....	55
5.1.7.3	Obtenção dos parâmetros de drenagem.....	56
5.1.8	Análise estatística multivariada.....	60
5.1.9	Produção dos pictogramas.....	62
5.1.10	Interpretação das imagens digitais.....	64
5.2	Métodos de campo.....	65
5.3	Métodos de laboratório.....	66
5.3.1	Análises físicas.....	67
5.3.2	Análises químicas.....	68
5.3.3	Análise mineralógica.....	70
6	ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AMOSTRAS DE SOLOS.....	71
7	CONFECÇÃO DO MAPA DE SOLOS.....	71
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
8.1	Análise da rede de drenagem.....	72
8.2	Análise do relevo.....	74

8.3 Análise da reflectância das imagens.....	75
8.4 Análise dos dendrogramas.....	77
8.5 Interpretação das imagens digitais e delimitação das unidades fisiográficas.....	83
8.6 Solos.....	92
8.7 Considerações sobre as variáveis utilizadas na análise de agrupamentos.....	95
8.7.1 Latossolo Roxo.....	96
8.7.2 Terra Roxa Estruturada.....	96
8.7.3 Terra Roxa Estruturada pouco profunda.....	97
8.7.4 Terra Roxa Estruturada latossólica.....	98
8.7.5 Solos Hidromórficos Indiscriminados da unidade Barreiro.....	99
8.7.6 Solos Hidromórficos Indiscriminados da unidade Encalhado.....	100
8.7.7 Solos Litólicos.....	101
9 CONCLUSÕES.....	105
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS	
1 Descrição, caracterização e classificação dos solos da área de estudos.....	01
1.1 Latossolos.....	01
1.1.1 Latossolos Roxos.....	02
1.1.1.1 Unidade Fazenda Ivatuba (LRd).....	05
1.1.1.2 Unidade Sataró (LRe).....	10
1.1.1.3 Unidade Porto da Areia (LRd).....	16
1.1.2 Latossolo Vermelho-Escuro.....	19

1.2 Terra Roxa Estruturada.....	23
1.2.1 Unidade Terra Roxa (TRe).....	23
1.2.2 Unidade Batavo (TRe).....	31
1.2.3 Unidade Taquaruçú (TRe).....	38
1.3 Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados.....	44
1.3.1 Unidade Barreiro (Hi).....	45
1.3.2 Unidade Encalhado (Hi).....	51
1.4 Cambissolos.....	52
1.4.1 Unidade Painçandú (Ce).....	52
1.4.2 Unidade Acerola (Ce).....	56
1.5 Solos Litólicos.....	60
1.6 Solos Aluviais.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

AMM - Área Mínima Mapeável

TM - Thematic Mapper

HRV - High Resolution Visible

TFSA - Terra Fina Seca ao Ar

SITIM - Sistema Interativo de Tratamento de Imagens Multiespectrais

SIG - Sistema Geográfico de Informações

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

m.s.n.m. - metros sobre o nível do mar

meq - miliequivalente

SPOT - Système Probatoire d' Observation de la Terre

W.G. - West Greenwich

UTM - Universal Transversa de Mercator

WRS - Word Reference System

PI - Plano de Informação

MDE - Modelo Digital de Elevação

MNT - Modelo Numérico de Terreno

FAP - Fotografia Aérea Pancromática

RBV - Return Beam Vidicom

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	página
Figura 1 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.....	32
Figura 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDOS.....	34
Figura 3 - CLASSES DE DECLIVIDADE GERADO NO SGI.....	41
Figura 4 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO REALIZADO PARA OBTENÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS.....	47
Figura 5 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MAPA BASE DE DRENAGEM.....	50
Figura 6 - CÉLULAS REPRESENTANDO O CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE INFORMAÇÃO GRADE E AS CLASSES DE RELEVO GERADAS PELO SGI.....	54
Figura 7 - MAPA DA REDE DE DRENAGEM.....	58
Figura 8 - MODELO DE UMA CÉLULA CONTENDO CANAIS DE DRENAGEM DE DIFERENTES COMPRIMENTOS E ORDENS, E TABELA FORMADA PELA CONTAGEM DOS MESMOS.....	59
Figura 9 - DESENHO HIPOTÉTICO DE UM DENDROGRAMA.....	62
Figura 10 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PICTOGRAMAS.....	63

Figura 11 - DENDROGRAMA ILUSTRATIVO REFERENTE A ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DA PARCELA NÚMERO DOIS, UTILIZANDO -SE COMO MEDIDA DE SIMILARIDADE A DISTÂNCIA EUCLIDIANA MÉDIA (DEM).....	79
Figura 12 - ILUSTRAÇÃO DO FORMATO IRREGULAR DA ÁREA DE ESTUDOS.....	81
Figura 13 - REPRESENTAÇÃO DO PICTOGRAMA FORMADO A PARTIR DO AGRUPAMENTO DE CÉLULAS REFERENTES A PARCELA NÚMERO DOIS.....	81
Figura 14 - PICTOGRAMA DA ÁREA DE ESTUDOS FORMADO A PARTIR DA ANÁLISE DE CLUSTER.....	82
Figura 15 - MAPA DOS POLÍGONOS DELIMITADOS NA ÁREA DE ESTUDOS.....	90
Figura 16 - FIGURA REPRESENTATIVA DO MAPA PEDOLÓGICO SEMIDETALHADO DO MUNICÍPIO DE IVATUBA.....	92
Figura 17 - DENDROGRAMA REFERENTE A 106 CÉLULAS ESCOLHIDAS DE DIFERENTES UNIDADES FISIAGRÁFICAS E SUBMETIDAS A UMA REANÁLISE DE AGRUPAMENTOS.....	104
PRANCHA 1 E 2 - VISÃO GERAL DA GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDOS.....	36
PRANCHA 3 - IMAGEM TM-LANDSAT COM SOBREPOSIÇÃO DA GRADE REGULAR PARA OBTENÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA PARA CADA CÉLULA.....	56
PRANCHA 4 - COMPOSIÇÃO COLORIDA SX2 (R), SX3(G), SX1(B) DA IMAGEM HRV-SPOT.....	84

PRANCHA 5 - BANDA SX3 DA IMAGEM HRV-SPOT.....	85
PRANCHA 6 - COMPOSIÇÃO COLORIDA 7R, 5G, 3B DA IMAGEM TM-LANDSAT.....	87
PRANCHA 7 - IMAGEM HRV-SPOT COM SOBREPOSIÇÃO DO GUIA PARA INDIVIDUALIZAÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS.....	89

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - CARACTERÍSTICAS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PANCROMÁTICAS ANALISADAS.....	40
Tabela 2 - CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS ORBITAIS UTILIZADAS.....	42
Tabela 3 - INTERVALOS DE DECLIVIDADE E CLASSES DE RELEVO PRECONIZADOS PELA EMBRAPA (1984).....	49
Tabela 4 - CENAS MONTADAS A PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS DE DOIS SISTEMAS SENSORES.....	53
Tabela 5 - C.V. PARA QUATRO PARTIÇÕES DO CONJUNTO DE CÉLULAS UTILIZADAS COMO AMOSTRA REPRESENTATIVA DA POPULAÇÃO.....	59
Tabela 6 - PARTE DA MATRIZ DE DADOS UTILIZADA NA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS.....	60
Tabela 7 - CLASSES DE CANAIS E SEUS RESPECTIVOS COMPRIMENTOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS MÉDIAS DINÂMICAS SEQUÊNCIAIS.....	73
Tabela 8 - NÚMERO DE CANAIS LONGOS, MÉDIOS E CURTOS DE CADA ORDEM, ENCONTRADOS NAS CÉLULAS DA GRADE REGULAR.....	74

Tabela 9 - ÁREA OCUPADA PELAS CLASSES DE DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO DE IVATUBA.....	74
Tabela 10 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA, OBTIDOS PARA 1167 CÉLULAS QUE COMPÕEM A GRADE REGULAR.....	76
Tabela 11 - NÚMERO DE GRUPOS, SEPARADOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS DENDROGRAMAS, REFERENTES A 8 PARCELAS DO TERRENO E NÚMERO DE CÉLULAS DE CADA PARCELA.....	80
Tabela 12 - NÚMERO E ÁREA DOS POLÍGONOS, OBTIDOS PELA FOTOINTERPRETAÇÃO EM MONITOR, DE IMAGEM SPOT EM CONJUNTO COM GUIAS OBTIDOS ATRAVÉS DE AGRUPAMENTO DE CÉLULAS PELA ANÁLISE DE CLUSTER.....	91
Tabela 13 - LEGENDA DAS UNIDADES DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDOS.....	93
Tabela 14 - UNIDADE E CLASSES DE SOLOS PREDOMINANTES DA UNIDADE.....	94
Tabela 15 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS LATOSSOLOS ROXOS.....	96
Tabela 16 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS.....	97

Tabela 17 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS POUCO PROFUNDAS.....	98
Tabela 18 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS LATOSSÓLICAS.....	98
Tabela 19 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE BARREIRO.....	99
Tabela 20 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE ENCALHADO.....	100
Tabela 21 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS LITÓLICOS.....	101

- Tabela 22 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS LATOSSOLOS ROXOS.....A03
- Tabela 23 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE FAZENDA IVATUBA (LRd).....A07
- Tabela 24 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE SATARÓ (LRe).....A11
- Tabela 25 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL DA UNIDADE SATARÓ.....A15
- Tabela 26 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DOS LATOSSOLOS ROXOS PRESENTES NA UNIDADE PORTO DA AREIA (LR distrófico epieutrófico).....A17
- Tabela 27 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS REFERENTES A TRÊS AMOSTRAS DOS LATOSSOLOS VERMELHOS-ESCUROS ENTRADOS NA UNIDADE FAZENDA DO SALTO.....A22

- Tabela 28 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE TERRA ROXA (TRe).....A26
- Tabela 29 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE TERRA ROXA.....A30
- Tabela 30 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE BATAVOA33
- Tabela 31 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE BATAVO.....A37
- Tabela 32 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE TAQUARUÇÚ.....A39
- Tabela 33 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE TAQUARUÇÚ.....A43
- Tabela 34 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS FÍSICAS E DO SOLO HIDROMÓRFICO COMPONENTE DA UNIDADE BARREIRO.....A47

TALELA 35 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DOS SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS.....	A50
Tabela 36 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV), E LIMITE DE CONFIANÇA ($t.S.x$) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE PAIÇANDÚ	A55
Tabela 37 - CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS REFERENTES À DOIS PONTOS DE COLETA DOS CAMBISSOLOS.....	A59
Tabela 38 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE 5 AMOSTRAS REFERENTES AOS SOLOS LITÓLICOS DA UNIDADE SERRINHA.....	A62
Tabela 39 - PORCENTAGENS DE CALHAUS E CASCALHOS ENCONTRADOS NA AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS SOLOS LITÓLICOS.....	A63
Tabela 40 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS ALUVIAIS COMPONENTES DA UNIDADE IVAÍ.....	A66

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com o propósito de realizar-se um levantamento pedológico semidetalhado no Município de Ivatuba-PR, usando a associação entre técnicas e equipamentos que pudessem levar a delimitação de unidades fisiográficas cujos limites e subdivisões não se restringissem apenas ao critério do fotointérprete. Para tanto, foi avaliada uma matriz de dados obtida através do cruzamento, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), entre uma grade regular com células de 300 x 300 metros e um mapa base de drenagem da área de estudos e as bandas 3, 4, 5 e 7 do TM-LANDSAT e um mapa de declividades da área gerado em SIG. As variáveis coletadas dentro de cada célula da grade regular foram: canais longo, médio e curto das ordens 1^a à 7^a, declividade ponderada e o nível de cinza das bandas, resultando na produção de uma matriz com 1167 indivíduos com vinte e sete variáveis, cujos dados foram expostos à análise de agrupamentos. A análise propiciou a produção de dendrogramas que foram analisados, permitindo a separação de grupos de indivíduos representados pelas células da grade regular, com a finalidade de criação de pictogramas que servissem de “guias” que, sobrepostos às imagens orbitais HRV-SPOT devidamente tratadas e manipuladas, pudessem orientar a discriminação de unidades fisiográficas através da interpretação destas sobre o monitor colorido do sistema SITIM.

A área para a execução dos trabalhos de levantamento pedológico e verificação da homogeneidade dos solos presentes nas unidades fisiográficas, definida pela metodologia proposta, localiza-se a noroeste do estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são 23° 30' - 23° 45' latitude sul e 52° 00' - 52° 20' longitude oeste. Esta área encontra-se sobre o Terceiro Planalto Paranaense, cuja geologia é caracterizada pela predominância de rochas basálticas do derrame do Trapp.

Foram delimitados 62 polígonos que configuraram a presença de nove unidades fisiográficas que geraram um mapa de solos semidetalhado do município. Os solos identificados e descritos na área de estudos foram: Latossolo Roxo eutrófico e distrófico, Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, Terra Roxa Estruturada eutrófica, Terra Roxa Estruturada latossólica eutrófica, Terra Roxa Estruturada pouco profunda eutrófica, Cambissolos, Solos Litólicos, Solos Aluviais e Solos Hidromórficos Gleyzados

Indiscriminados. Dentre eles ocupa a maior área o Latossolo Roxo, com 6683,4 hectares, seguido da Terra Roxa Estruturada eutrófica com 1434,6 hectares.

Em relação à possibilidade de mapeamento das unidades fisiográficas sobre o monitor colorido, os resultados apresentados demonstraram que, através da utilização dos guias, tais unidades podem ser delimitadas com grande redução da subjetividade do fotointérprete. Os polígonos semelhantes, delimitados pela metodologia utilizada, apresentaram solos homogêneos dentro de sua classe taxonômica. Já os polígonos diferentes apresentaram solos com características diferenciadoras entre si. Dentre as variáveis utilizadas, aquelas referentes à rede de drenagem foram melhores para a análise de agrupamento das células da grade regular. As variáveis relevo e níveis de cinza da imagem TM-LANDSAT também apresentaram resultados satisfatórios dentro da metodologia aplicada.

SUMMARY

This work was carried out with the purpose of conducting a semi detailed pedological survey at the municipality of Ivatuba-PR, using an association of techniques and equipment that could lead to delimitation of physiographic units whose limits and subdivisions did not restrain only to the photo interpreter's criterion. It was evaluated a data matrix obtained from the crossing, by means of Geographic Information System (GIS), between a regular grid with cells of 300 x 300 meters and a base drainage map of the study area and bands 3, 4, 5 and 7 from TM-LANDSAT and a declivity map generate in GIS. The variable collected in each cell of the regular grid were: long, medium and short channels from the first to the seventh order, weighed declivity and the level of gray in bands, resulting in the production of a matrix with 1167 individuals with 27 variables, whose data were exposed to clustering analysis. The analysis propitiated the dendrograms which were analyzed, enabling the separation of groups of individuals represented by cells from the regular grid, aiming at creating pictograms to serve as "guides". Theses guides juxtaposed to orbital HRV-SPOT images properly treated and handled, could orient the discrimination of physiographic units through their interpretation on the color monitor of SITIM system.

The area for pedological survey and verification of soil homogeneity present in the physiographic units, defined by the proposed methodology, is locate on the northwest of Paraná State, 23° 30' - 23° 45' S and 52° 00' - 52° 20' W. This area is on the Third Paranaense Plateau, which is characterized by the predominance of basaltic rocks from the discharge of Trapp.

Sixty two polygons were delimited. They configured the presence of nine physiographics units which generated a semi detailed soil map of the municipality. The soils identified and described in the study were: Latossolo Roxo eutrófico (Eutrorthox) Latossolo Roxo distrófico (Haplorthox), Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico (Eutrorthox), Terra Roxa Estruturada eutrófica (Paleudalf), Terra Roxa Estruturada latossólica eutrófica (Paleudalf), Terra Roxa Estruturada pouco profunda eutrófica (Paleudalf), Cambissolos (Eutrochrept), Solos Litólicos (Udorthent), Solos Aluviais (Udifluvents) e Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados (Udorthent). Among them, Latossolo Roxo occupies the greater area with 6.683,4 ha, followed by Terra Roxa Estruturada eutrófica with 1.434,6 ha.

Concerning the possibility of mapping physiographic units on color monitor, the results showed that, by using guides, such units may be delimited with significant reduction of the photo interpreter's subjectivity. Similar polygons, delimited by the methodology used, presented homogeneous soils with differentiating characteristics. Among the variables used, those referring to drainage network were better for clustering analysis of regular grid cells. The variables relief and level of gray of TM-LANDSAT image also presented satisfactory results in the applied methodology.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná apresenta-se, dentro do cenário nacional, como um celeiro agrícola com grande vocação para produção de alimentos. A região noroeste do Estado destaca-se neste contexto devido ao seu elevado potencial para produção, que é condicionado pela sua localização sobre solos férteis e clima favorável.

Para que esta região continue com este merecido destaque, a introdução de práticas adequadas de uso e manejo destes solos são de fundamental importância.

A constante preocupação por parte dos técnicos regionais e agricultores em aumentar a produtividade das culturas implantadas, com redução de custos de produção sem entretanto causar a degradação ambiental, define a necessidade de implantação de projetos agrícolas eficientes.

A implantação destes projetos sem o devido conhecimento da área de trabalho pode levar a sérios problemas, que se não forem evidentes a curto prazo, certamente aparecerão em futuro próximo.

Certas decisões tomadas por parte dos profissionais que atuam na área extencionista necessita de base bem fundamentada em dados obtidos através das pesquisas.

Levantamentos de solos com expressão cartográfica em níveis mais detalhados, seguramente permitem a obtenção de um grande número de informações que adequadamente manejadas, possibilitam aos técnicos e agricultores empregarem técnicas e estabelecerem planejamentos para que possam prolongar e até mesmo aumentar a capacidade produtiva de suas terras.

Os trabalhos na pesquisa pedológica tem sido, há muitos anos, reconhecidamente auxiliados pelas técnicas de interpretação de fotografias aéreas e ultimamente as imagens orbitais. Tais técnicas, apesar de amplamente difundidas, possuem como princípio básico a delimitação sobre as imagens de áreas ou polígonos que representem a homogeneidade de elementos que compõem a imagem. Como todo trabalho fotointerpretativo possui certa subjetividade do autor e, por possuírem acuidade visual e experiência diferenciadas, acreditamos na possibilidade de uma maior padronização nos trabalhos realizados em mapeamento de solos.

Por isso, neste trabalho, a integração de informações, obtidas de diversas fontes como imagens orbitais, fotografias aéreas pancromáticas, cartas planialtimétricas, etc., através de um sistema de informações geográficas, foram utilizadas com o intuito de delimitar unidades fisiográficas através da análise de agrupamentos com o fim maior de aumentar a precisão dos dados obtidos e a padronização da metodologia utilizada bem como o de agilizar e auxiliar os trabalhos de campo.

Como objetivos gerais podemos destacar:

- a) Execução de um levantamento de solos a nível de expressão cartográfica semidetalhada (1:50.000) no município de Ivatuba - Paraná.
- b) Avaliar as potencialidades do uso do geoprocessamento e da análise de agrupamentos na definição de unidades fisiográficas.
- c) Avaliar as potencialidades do sensoriamento remoto como fornecedor de dados que possam auxiliar em mapeamentos pedológicos semidetalhados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A NECESSIDADE DOS LEVANTAMENTOS DE SOLOS

Para tornar mais eficiente a tomada de decisões, a agricultura moderna necessita dispor de informações adequadas e precisas de muitos aspectos inter-relacionados de suas atividades. Tais informações podem normalmente ser adquiridas através de levantamentos que, em diferentes níveis de generalização, podem fornecer inúmeros elementos essenciais da região em estudo.

Segundo YOUNG (1976), o propósito de um levantamento de solos, pode ser considerado de duas maneiras. O primeiro refere-se à possibilidade de prover aos usuários informações acerca dos solos e das condições da paisagem em algum lugar de interesse, e o segundo é a possibilidade de fornecer informações que poderão ser utilizadas para tomada de decisões acerca do planejamento de uso da terra.

Segundo LARACH (1981) para atender as finalidades a que se presta, um bom levantamento deve ser, na sua concepção, sempre científico e prático nos propósitos estabelecidos. Dentre os quais, o autor descreve o de fomentar ao utilitário dos dados levantados, possibilidades de utilização dos mesmos como uma ferramenta para solução dos seus problemas.

A agricultura atual exige, devido ao seu dinamismo, a resolução destes problemas com precisão e rapidez. Estes fatos definem a necessidade de propostas de recomendações baseadas em dados cada vez mais precisos. Pela importância de se conhecer mais profundamente as áreas agrícolas, dentro de um conceito de

apresentar soluções para uso e planejamento, sem causar a perda da qualidade ambiental e manter-se elevados os níveis de produtividade, faz-se necessário a ampliação dos conhecimentos sobre essas áreas para que possam definir práticas de uso, conservação e manejo, baseadas em princípios científicos e apoiadas em resultados de pesquisas.

Em regiões onde a economia está definida predominantemente pela agricultura orientada, um íntimo conhecimento de solos com atenção na sua natureza, extensão e propriedades físico-químicas, é um pré-requisito para um ótimo planejamento do uso da terra e desenvolvimento de programas agrícolas (DWIVEDI, 1985).

BEEK¹, citado por LEPSCH et al. (1983), relata que os grandes progressos atingidos nos últimos anos na identificação e caracterização dos solos por todo o mundo vem acrescentar muito para a ciência do solo, mas salienta também que, o emprego desses dados para o desenvolvimento de projetos é ainda muito deficiente, e que as interpretações ocorridas com a caracterização para finalidades práticas são altamente necessárias.

Segundo OLSON², também citado por LEPSCH et al. (1983), a maior parte dos sistemas técnicos de classificação de terras necessita de constante revisão, mantendo-os sempre atualizados à medida que um maior número de informações e dados a respeito de uma área estudada tornam-se disponíveis. O conhecimento pormenorizado das propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas dos solos, constitui fonte de informação básica para a compreensão e solução dos problemas que afetam a pesquisa no setor agropecuário (EMBRAPA, 1984).

Através da interpretação dos levantamentos de solos é que os técnicos, ligados ao trabalho de extensão, podem prever o comportamento dos mesmos, baseados num conjunto de informações disponíveis sobre os solos previamente mapeados.

¹BEEK, K. L. Land evaluation for agricultural development. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement. 1978. 333 p. (Publication 23).

²OLSON, G. W. Land classification. Ithaca, Cornell University Agricultural Experiment Station, Search Agriculture. 4(7):1-34, 1974 (Agronomy, 4).

Um dos pré-requisitos para um melhor uso da terra é a informação sobre as formas de uso do solo e suas mudanças havidas no decorrer do tempo (ANDERSON et al. 1979). Para MYERS (1983), os levantamentos de solos, executados em um nível de detalhamento apropriado, tornam-se vitais para o planejamento agrícola e estimativa da produção, idéia também compartilhada por SINGH e DWIVEDI (1986).

Existem hoje, reconhecidamente no Estado do Paraná, diferentes classes de solos que requerem práticas de uso e manejo diferenciados para uma melhor e maior produção sustentada (EMBRAPA, 1984). Com o desenvolvimento de uma agricultura moderna, novos sistemas agrícolas estão se propagando em termos experimentais ou não.

Os mapeamentos utilizados atualmente, pelos profissionais da área agrícola do Estado do Paraná, são obtidos através de levantamentos de reconhecimento, em escalas entre 1:100.000 e 1:600.000. Segundo LARACH (1981), "são levantamentos de base, visando primordialmente planejamento para o desenvolvimento de novas áreas, ou intensificação do uso de áreas já desbravadas, através da avaliação do potencial da região considerada".

As unidades de mapeamento registradas nestes levantamentos possuem limites entre si, locados nos mapas básicos por meio de observações feitas a intervalos regulares, e não através de uma prospecção por toda a área que esta sendo levantada, como é o caso dos mapas mais detalhados. As unidades são menos homogêneas quando comparadas com as dos mapas com níveis de detalhamento mais elevados pois, as unidades de mapeamento são definidas com maior amplitude de variação. Os mapas obtidos através de levantamentos semidetalhados são elaborados buscando a possibilidade de que as unidades de mapeamento sejam definidas com a menor amplitude possível de variação, de modo a tornarem-se bastante homogêneas.

De acordo com a EMBRAPA (1984) o objetivo principal dos levantamentos de solos é a divisão de áreas heterogêneas em parcelas homogêneas, através de parâmetros de classificação definidos e das características utilizadas para distinção dos solos em função da escala de mapeamento.

Como as decisões acerca de práticas agrícolas se acham dentro de várias unidades individuais de manejo, os mapas devem ser suficientemente detalhados para indicar as áreas de solos com diferenças significativas para um sistema de uso e manejo adequado para cada tipo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1965). Assim, observa-se que o levantamento de solos, com fins de determinação de suas características e conseqüente classificação, depende da realização correta de inúmeras observações diretas e indiretas. Várias são as possibilidades de execução de mapeamentos de solos. Toda a sistemática de execução e produção de materiais (mapas e textos explicativos), que levem a informação acerca de uma determinada área é previamente planejada para atingir os objetivos propostos.

Os procedimentos básicos para a realização de um levantamento de solos tem sido relatado por diversos autores (YOUNG, 1976; EMBRAPA, 1984; OLIVEIRA et al., 1982).

Segundo PAINE (1981), a melhor metodologia consiste em reconhecimentos preliminares de fotografias aéreas com visitas a campo, periodicamente ao longo de todo o processo de levantamento. Assim poderá ser produzido um levantamento de solos com uma acuidade aceitável, no menor tempo e ao menor custo.

YOUNG (1976) descreve a existência de três principais estágios em um levantamento de solos: operações pré-campo, levantamento de campo e operações pós-campo. Em maiores detalhes, a seqüência de atividades é a seguinte:

1º Estágio : Compreende o estudo dos dados existentes à cerca da área a ser levantada, reconhecimento geral do campo, interpretação das fotografias aéreas e definição e planejamento do levantamento a campo;

2º Estágio : Este encontra-se subdividido em duas seções. A primeira refere-se ao mapeamento propriamente dito que compreende três fases de operação: reconhecimento, mapeamento e descrição de perfis representativos. A segunda e última seção refere-se a avaliação de outras atividades de campo como a análise de terras e reação dos solos;

3º Estágio : Este compreende as revisões da interpretação das fotografias aéreas, análises laboratoriais das amostras de solos coletadas no campo, análise dos dados obtidos e avaliação do material para apresentação (mapas de solos e redação do texto final);

Para execução de mapas mais detalhados são necessários como requisitos preliminares, a disponibilidade de mapas básicos completos e precisos, além de fotografias aéreas, a fim de fornecer numerosos pontos de referência, que permitam uma definição acurada dos limites das unidades de mapeamento (LARACH, 1981).

2.2 APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE SENSORES REMOTOS PARA PESQUISA EM LEVANTAMENTO DE SOLOS.

"Sensoriamento Remoto pode ser definido como sendo a ciência e a arte de obter informações a cerca de um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por um equipamento, que não entra em contato direto com o objeto, área ou fenômeno que está sendo estudado" (CREPANI, 1983).

O termo "Sensoriamento Remoto" está comumente restrito aos métodos que empregam energia eletromagnética, tal como a luz, ondas termais e de rádio, como o meio de detectar e mensurar características dos alvos, excluindo portanto os levantamentos eletromagnéticos ou gravitacionais, que medem valores de campo tal como a radiação eletromagnética (SABINS Jr., 1987).

Segundo ROSA (1990) os "aparelhos" utilizados no sensoriamento remoto são denominados sensores. Os sensores são dispositivos capazes de responder à radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro, registrá-la e gerar um produto numa forma adequada para ser interpretada pelo usuário.

A forma comumente utilizada para registrar a radiação eletromagnética são as imagens. Segundo SABINS Jr. (1987) o termo imagem é genericamente utilizado para toda forma pictórica de representação, que não depende do comprimento de onda ou sistema utilizado para a produção da imagem.

As imagens, segundo RABBEN (1960), são utilizadas nos estudos ambientais por tres razões básicas:

1ª) Representam uma grande área da superfície terrestre de uma perspectiva e um formato que facilita o estudo dos objetos e seus interrelacionamentos;

2ª) certos tipos de imagens podem proporcionar uma visão tridimensional do terreno e dos objetos sobre investigação;

3ª) as imagens proporcionam ao observador uma permanente observação do objeto, fenômeno, e a relação deles em um determinado momento.

Uma quarta razão foi introduzida posteriormente por ESTES e SIMONETT (1975), onde comenta que as características de objetos não visíveis pelo olho humano podem ser transformadas e registradas em forma de imagens;

A totalidade dos trabalhos de levantamento de solos realizados atualmente a níveis de representação cartográfica mais generalizados (semidetalhe ou reconhecimento), utilizam uma ou outra forma de imagem (aérea ou orbital), que participam em alguma etapa do processo de levantamento.

Segundo GOOSEN (1968) os métodos utilizados em fotointerpretação para mapeamento dos solos são similares independentemente da escala da fotografia.

As técnicas de sensoriamento remoto, do ponto de vista de utilidade nos mapeamentos de solos, são divididas, segundo YOUNG (1976), em: fotografias aéreas obtidas em aviões (tanto pancromáticas como coloridas) e outras técnicas de sensoriamento remoto, compreendendo o uso de outros tipos de sensores comumente instalados em plataformas aéreas (aviões) ou orbitais (satélites).

Como um dos objetivos deste trabalho enseja a possibilidade do uso de imagens de satélite e fotografias aéreas em levantamentos de solos através de sua interpretação visual, baseado em critérios já consagrados pela literatura, como rede de drenagem, relevo e tratamento digital, serão apresentados nesta revisão algumas considerações sobre a aplicação destes dois importantes produtos de sensoriamento remoto.

2.2.1 USO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS NO LEVANTAMENTO DE SOLOS

As fotografias aéreas verticais têm sido reportadas por diversos autores em muitos trabalhos apresentando citações a respeito do seu uso em pedologia. Tal fato constituiu no que se convencionou por fotopedologia (VALÉRIO FILHO; EPIPHANIO e FORMAGGIO, 1981). Este termo segundo AMARAL e AUDI (1972) representa a parte da fotointerpretação que se dedica aos estudos do solo.

Inicialmente as fotografias aéreas eram utilizadas em reconhecimento de solos como um mapa base. Tais mapas eram utilizados no campo pela facilidade que oferecia, ao pesquisador de solos, a respeito da orientação e indicação dos locais de inspeção de perfis, constatação dos limites dos solos e das simbologias escolhidas para o levantamento, convertendo-se rapidamente em uma ferramenta que pudesse ser utilizada sistematicamente com grandes vantagens (GOOSEN, 1968).

Segundo SIMONSON (1950) Bushnell e colaboradores realizaram em 1929, no Estado de Indiana (USA), o primeiro levantamento de solos utilizando fotografias aéreas pancromáticas.

A fotointerpretação de solos pode ser conduzida utilizando-se três importantes princípios (FROST, 1960):

- a) Solos semelhantes ocorrem nas fotografias aéreas com padrões semelhantes;
- b) solos diferentes ocorrem nas fotografias aéreas com padrões diferentes;
- c) uma vez que as características de uma imagem fotográfica foram correlacionadas com as propriedades dos solos observadas no campo e laboratório, importantes propriedades de semelhantes solos, como profundidade, podem ser inferidas por fotointerpretação.

GOOSEN (1968) estabeleceu que a interpretação de fotografias aéreas é uma importante, se não essencial, parte dos levantamentos dos solos em vários países que as dispõem. Dentre as diversas vantagens apresentadas pelo uso das fotografias aéreas o autor destaca a da visão tridimensional da paisagem através do uso do estereoscópio. Tal visão proporciona uma observação dos aspectos principais do terreno de maneira não possibilitada pela visão normal de qualquer ponto da superfície da terra. Esta característica é em grande parte responsável pelo constante uso deste

material para os diferentes levantamentos, tanto na área pedológica como também geológica, etc.

Os levantamentos de solos, com sua descrição, caracterização e definição de seus limites, podem ser totalmente realizados a campo. Mas BURING (1960) descreve que o uso de fotointerpretação contribui em muito neste trabalho, com redução de custos e tempo. Sem fotointerpretação, o autor descreve que grande parte do tempo nas observações a campo (cerca de 80 %) seria gasto na localização dos limites entre as unidades de solos e uma pequena parte para identificação dos mesmos. Com a fotointerpretação, esses limites poderiam ser demarcados sobre as fotografias, reduzindo o tempo de execução dos trabalhos.

A expressiva redução de tempo para os trabalhos que fazem uso das fotografias aéreas é comentado também por VINK (1963). O autor descreve que a redução do total de observações necessárias no campo para execução dos trabalhos em levantamentos de solo pode atingir 30% e aumento em produtividade em 50 % em relação àqueles que não se utilizam dela. Estas idéias são também compartilhadas por AMARAL e AUDI (1972) e SOUZA (1975) que comentam sobre a necessidade indispensável de utilização de fotografias aéreas nos levantamentos de solos, devido ao ganho de tempo, definição de limites precisos e real visão global da paisagem, com riqueza de detalhes, permitindo ao pedólogo definir sua correta localização em qualquer ponto do terreno, em qualquer momento.

MYERS (1975) destaca, no entanto, que o levantamento e mapeamento de solos não é completo se realizado somente em fotografias aéreas, pois mesmo sendo o mais treinado dos especialistas em solos e fotointerpretação, o mesmo necessitará de checagens a campo. O autor ainda comenta que o método ideal consta do uso de fotografias aéreas como forma de estender as informações coletadas em campo, incluindo as análises de laboratório e análises de trincheiras abertas durante o trabalho de campo, de maneira a agrupar áreas com feições similares nas fotografias.

GOOSEN (1968) descreve com precisão os três métodos principais da fotointerpretação para levantamentos de solos: a análise de padrões, preconizada por Frost (1960); a análise de elementos estabelecida por Buring (1960) e por último a análise fisiográfica, inicialmente introduzida por Buring juntamente com a análise de elementos, e melhor descrito por outros autores (VINK, 1963 e GOOSEN, 1968). O

mesmo autor comenta ainda que torna-se um tanto artificial tentar separar os diferentes métodos e seus usos pois, na prática, pode ser usado uma mescla dos três e isto pode depender da experiência, do conhecimento disponível e de que maneira o executor do mapeamento está realizando seus trabalhos.

Segundo YOUNG (1976) o uso de fotografias aéreas na escala 1:20.000 ou 1:25.000 se faz necessário para o mapeamento de solos quando realizado à nível de semidetalhe e detalhe pois, com o uso destas, as subdivisões detalhadas da paisagem são mais facilmente distinguidas e delineadas com uma precisão de 50 metros.

Certos padrões, formas e aspectos fisiográficos, que estão correlacionados com os solos na paisagem e com sua distribuição no espaço, são mais adequados e rapidamente estudados com o auxílio de fotointerpretação das imagens do que apenas com os trabalhos de campo (ROCHA e SCOPEL, 1989). Por outro lado, comentam os autores, a utilização destas fotografias não substitui esses trabalhos, mas os complementam, uma vez que certas características dos solos, como a mineralogia por exemplo, não podem ser observadas através das fotografias.

Segundo ROSA (1990) elementos como relevo e padrão da rede de drenagem são facilmente destacados em aerofotos de grandes áreas, podendo ser inferidos os tipos de solos que ocorrem em cada condição desses elementos. Comenta também que há possibilidade de reconhecimento de determinado tipo de cultura, ou formas de ocupação agrícola ou definição da textura, quantidade de matéria orgânica, erosividade e coloração.

Segundo CARROL (1973) não só as fotografias aéreas pancromáticas mas também as fotografias infra-vermelhas e coloridas são utilizadas de acordo com as necessidades, vantagens e desvantagens que cada uma apresenta. Neste sentido, PARRY et al. (1969) trabalhando na avaliação do uso de fotografias aéreas coloridas e pancromáticas para levantamento de solos concluíram que, existe uma superioridade das fotografias coloridas em relação as pancromáticas na identificação e delimitação dos limites de solos, na diferenciação de tipos de solos dentro de uma série e a distinção de umidade e matéria orgânica além desta prover ao fotointérprete um maior estímulo para interpretar as fotografias.

Em estudos realizados na região do vale de Ganges, na Índia, HILWIG e KARALE (1973) concluíram que a análise fisiográfica é o primeiro passo na

fotointerpretação sistemática para levantamento de solos, facilitando enormemente o reconhecimento de diferentes tipos, principais formas ou unidades de paisagem. Concluíram ainda que a ordem geral de importância dos foto-elementos foram o tipo de terreno, o relevo, a declividade da rampa, o sistema de drenagem, as condições de drenagem, a cor, o material parental, o uso da terra e a vegetação. Estes elementos (com exceção do relevo e condições de drenagem) apresentaram uma visibilidade muito boa nos estéreos analisados, tendo uma alta correlação com as condições do solo e elevada coincidência com os limites dos solos.

Segundo MYERS (1975) e WAY (1978), o mapeamento de solos em fotografias aéreas requer muitos julgamentos subjetivos. Entretanto, o mapeamento dos solos a campo também requer uma certa subjetividade. MYERS (1975) relata ainda que é necessário mostrar limites claros entre os diferentes tipos de solos, o que nem sempre é possível, introduzindo assim erros independentemente de como o mapeamento é produzido. Para WAY (1978) quando existe uma combinação entre as interpretações realizadas nas fotografias aéreas e as investigações de campo, produzem-se dados que estão dentro de uma margem tolerável de erro, o que torna o método justificável.

VALÉRIO FILHO (1984) utilizou, para escolha das unidades fisiográficas representativas das unidades de solos de sua área de estudos, critérios de fotointerpretação como o relevo, a drenagem e a textura fotográfica pois, estes critérios são considerados menos passíveis de subjetividade pelo fotointérprete na individualização das unidades.

BIE e BECKETT (1973) em seus estudos compararam quatro mapas de solos produzidos a partir de fotointerpretação de uma área de Chipre por quatro experientes profissionais da área de cartografia de solos que trabalharam independentemente e sem nenhuma restrição estabelecida. Os resultados demonstraram que os quatro mapas de solos produzidos eram consideravelmente diferentes entre si. Concluíram também que a porcentagem de pureza e o grau da variabilidade das propriedades dos solos dentro das unidades de mapeamento foi menor do que o da paisagem como um todo.

Em estudos realizados sobre a utilização de dados advindos de vários sensores aerotransportados para mapeamento de solos, DWIVEDI (1985) comenta não existir limitações técnicas para o uso de fotografias aéreas pancromáticas e infra-vermelhas coloridas. Entretanto, comenta o autor, as fotografias coloridas infra-vermelhas são

muito mais expressivas (aproximadamente dez vezes mais), que as pancromáticas. Esta expressão pode ser atribuída aos seguintes fatores:

a) Maior número de variações de cores pode ser percebível em uma fotografia infravermelha colorida comparada com a fotografia aérea pancromática na qual somente poucas mudanças de tonalidade são observadas;

b) melhor contraste total entre os aspectos de paisagem em fotografias infravermelhas coloridas, conseqüentemente, sua delimitação torna-se facilitada;

c) todas as categorias de uso da terra, erosão, afloramentos rochosos, solos encharcados ou de baixadas são proeminentemente reveladas em fotografias infravermelhas coloridas.

2.2.1.1 Fotografias Aéreas e a Rede de Drenagem

Inúmeros trabalhos tem sido executados ao longo do tempo por diferentes pesquisadores brasileiros e estrangeiros buscando, através das fotografias aéreas, obterem dados quantitativo e qualitativos a respeito da rede de drenagem superficial dos solos que. Estes dados, após serem decalcados através de fotointerpretação, possibilitam a caracterização de bacias hidrográficas e seu interrelacionamento com as unidades de solos ali presentes.

Depois do relevo, a rede de drenagem superficial torna-se o mais confiável e consistente elemento indicador das reais condições do terreno. A sua fácil observação nas fotografias aéreas (mesmo sem o auxílio da estereoscopia) possibilita o delineamento de áreas com evidentes diferenças, somente pelo seu padrão de drenagem. Normalmente um padrão de drenagem bem desenvolvido assegura a existência de materiais de baixa permeabilidade. Ao contrário, um padrão pouco desenvolvido implica na ocorrência de materiais com elevada permeabilidade e alta taxa de infiltração. Estes fatos demonstram a importância da rede superficial de drenagem como indicador da escala linear de elementos fisiográficos em topografia de erosão fluvial (LUEDER, 1959).

O estudo da rede de drenagem, de uma maneira geral, pode ser realizado tanto qualitativa como quantitativamente (MARCHETTI e GARCIA, 1977; VALÉRIO FILHO, EPIPHANIO e FORMAGGIO, 1981; GARCIA, 1982). Na análise qualitativa devem ser

observados parâmetros como padrão de drenagem, grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, angularidade e ângulo de junção (LUEDER, 1959). Já para os parâmetros quantitativos os autores depreciam a necessidade da análise de vários índices sendo que os principais são a densidade de drenagem (Dd), e a frequência dos rios (Fr) e a razão textura (T). Um outro parâmetro, definido como o comprimento médio de canais, comentado por GARCIA (1982); VALÉRIO FILHO (1984) e VETORAZZI (1988), tem sido utilizado de forma quantitativa e foi inicialmente introduzido em estudos geológicos por Ray e Fischer (1960) e adaptado posteriormente por França (1968) para estudos dos solos.

Os solos de uma certa região podem ser estudados através de seus elementos de reconhecimento ou então através de seus índices numéricos. No primeiro caso, o estudo é puramente descritivo e um tanto quanto subjetivo, considerando a habilidade fotointerpretativa de cada técnico, sua acuidade e discernimento. Já no segundo caso, índices qualitativos referentes à rede de drenagem superficial podem condicionar o estabelecimento de inferências de natureza diversa e evitar a subjetividade das características puramente descritivas (MARCHETTI e GARCIA, 1977; ESPÍNDOLA e GARCIA, 1978; GARCIA, 1982). Grande parte dos trabalhos realizados no Brasil, nos quais o objetivo encerra-se na caracterização dos solos e da rede de drenagem, tem sido realizadas em áreas circulares com tamanho equivalente a 10 km². Tal conceito, introduzido por FRANÇA (1968), oferece vantagens já destacadas por SOUZA (1975) e VALÉRIO FILHO (1984). KOFFLER (1976) no entanto, destaca que desde que sejam representativas, o tamanho das amostras circulares podem variar.

Em estudos realizados por ROCHA (1993) uma célula referente a uma área mínima mapeável foi utilizada como unidade amostral, dentro da qual foram extraídos índices para determinação quantitativa da rede de drenagem superficial (densidade e frequência de drenagem e razão textura ponderados), que possibilitaram, num conjunto de quarenta células de 0,25 km², obter valores que foram comparados com os da literatura.

2.2.1.2 Fotografias Aéreas e o Relevo

ESPÍNDOLA e GARCIA (1978) e GARCIA (1982) relatam que o relevo, ao lado da drenagem, é de capital importância no estudo dos solos, uma vez que ele representa um dos fatores de formação e parece ao mesmo tempo ter sua evolução dependente da natureza do solo.

Através do exame estereoscópico, o relevo torna-se facilmente destacável nas fotografias aéreas verticais, mesmo apresentando-se pouco acentuado, devido ao exagero vertical de escala apresentado, permitindo portanto uma visão mais detalhada da paisagem e de seus componentes (VALÉRIO FILHO, EPIPHANIO e FORMAGGIO, 1981).

De uma maneira geral, diferentes solos podem ser encontrados em desiguais condições de relevo. Solos desenvolvendo-se em porções mais elevadas do terreno podem apresentar características pedogenéticas diferenciadas em relação àqueles desenvolvidos nas porções de meia encosta ou de baixada. Portanto ao se mapear, nas fotografias aéreas, os limites de relevo, os limites dos diferentes tipos de solos serão inferidos, embora isto não seja uma regra geral pois outros fatores de formação de solos estão atuando na pedogênese, definindo mudanças destes sem modificar o relevo (ROSA, 1990).

Partindo-se do princípio de que solos são paisagens assim como perfis, observa-se que os aspectos caracterizadores dos solos podem ser vantajosamente estudados através das fotografias aéreas. Os aspectos espaciais e de paisagem dos solos tais como: relevo, pendente, posição de um solo em relação a outro, destacam-se dentre os aspectos caracterizadores dos solos. O estudo destes aspectos pode ser definido como "fisiografia dos solos" e está embasado na geomorfologia suplementada por aspectos de fisiografia, tais como a vegetação, regime d'água, atividades humanas, etc. (GOOSEN, 1968).

Segundo HILWIG e KARALE (1973) o dinâmico interrelacionamento entre a fisiografia e solos veio a ser reconhecido genericamente somente nos últimos vinte anos. Isto levou o desenvolvimento do conceito de "levantamento fisiográfico dos solos". O princípio estabelecido demonstra que os solos são produtos de igual processo natural e condições que esculpem a paisagem que eles se encontram.

Em estudos realizados por VALÉRIO FILHO (1984) as características dimensionais do relevo (declividade média, relevo local médio e comprimento médio da vertente) foram determinadas em amostras circulares de 10 km² delineadas sobre cartas topográficas. Os resultados obtidos demonstraram que estes índices foram mais eficientes na discriminação dos solos que os da drenagem sendo que os dois primeiros demonstraram maior eficácia que o comprimento médio da vertente. O autor comenta que tais parâmetros quantitativos tem sido utilizado por vários autores para a discriminação dos solos.

Dois parâmetros quantitativos do relevo foram caracterizados por ROCHA (1993) dentro de células com 500 x 500 metros de tamanho para a delimitação de unidades fisiográficas. O primeiro refere-se a declividade ponderada, obtido através da ponderação das áreas referentes às médias dos intervalos de classe utilizadas para caracterização das classes de declive empregadas pela EMBRAPA (1984). O segundo parâmetro refere-se ao índice de relevo obtido pelo produto entre a declividade ponderada e o comprimento total dos canais presentes em cada célula. Os resultados demonstraram a necessidade de maiores estudos em relação a estes dois parâmetros como variável na separabilidade das unidades fisiográficas.

2.2.2 USO DE IMAGENS ORBITAIS PARA LEVANTAMENTO DE SOLOS

A primeira fotografia da terra obtida de elevada altitude (160 a 320 km), foi adquirida após a II Guerra Mundial, através de pequenas câmaras fotográficas colocadas em rastreadores não tripulados (SABINS Jr., 1987). O autor comenta ainda que, a partir dos projetos Mercury e Gemini do governo americano, grande número de fotografias foram adquiridas de grande altitude para estudos ambientais.

WESTIN e FRAZEE (1976) descrevem que imagens da terra obtidas através de satélites LANDSAT começaram a serem adquiridas a partir de julho de 1975. Tais imagens, descrevem os autores, são aplicáveis aos levantamentos de solos pelas razões a seguir: em primeiro lugar cada cena pode cobrir uma grande área com uma possível visão sinóptica das associações de solos; em segundo lugar, as cenas são quase ortogonais ou seja, com projeção que permita a sobreposição de outras cenas ou mapas; em terceiro lugar, os dados são coletados a intervalos regulares (resolução

temporal), que possibilita o acompanhamento de um certo elemento por um certo período de tempo definido; em quarto e último lugar, os dados são registrados em diferentes faixas do espectro eletromagnético, permitindo portanto, a obtenção de dados multiespectrais.

AGBU, FEHRENBACHER, JANSEN (1990) relataram que a incorporação de satélites dentro de um programa de mapeamento de solos para delineamento de seus limites tem se tornado extremamente significativo. Os autores comentam que, embora o perfil do solo não possa ser avaliado através de dados remotamente sensoriados, as características fisionômicas da terra, indicativas das condições de superfície e subsuperfície, podem ser. Neste sentido, NETTO et al. (1993a) comentam que tais imagens tem sido muito utilizadas de maneira indireta nos estudos pedológicos, onde procura-se relacionar os solos através de atributos de uma imagem que são caracterizadoras das unidades de paisagem.

As transformações de dados obtidas através da utilização de computadores pessoais têm sido requisitadas por serem muito efetivas no delineamento e reconhecimento de várias características de terreno. O uso de filtragens espaciais acompanhadas de realce linear podem prover ainda mais contraste nas imagens estudadas e, conseqüentemente, possibilitar o discernimento de várias características não observadas anteriormente (DWIVEDI e RAVI SANKAR, 1992).

Os recentes resultados de pesquisas tem se mostrado promissores no que diz respeito à utilização das técnicas de sensoriamento remoto como apoio para levantamento de solos. Isto tem estimulado grandemente estudos quanto a influência de diferentes propriedades e características dos solos em relação a sua reflectância, tornando-se uma ferramenta das mais importantes na aplicação das Geociências (EPIPHANIO e FORMAGGIO, 1990).

O uso de sensores remotos multiespectrais em conjunto com técnicas de análise computacional para estudo de solos, tem efetivamente auxiliado em trabalhos de levantamento, podendo esta tecnologia, ser utilizada no mapeamento das condições de superfície da terra sobre pequenas áreas, com razoável grau de precisão (KRISTOF e ZACHARY, 1974).

Através de mapas de solos preliminarmente produzidos através de sensores multiespectrais é possível acelerar os processos de levantamento de solos de uma

região em considerável extensão, podendo adicionar características a serem obtidas através de cuidadosa análise das propriedades das imagens (MYERS, 1983). O mesmo autor comenta ainda que, as propriedades específicas dos solos podem ser estimadas utilizando-se respostas espectrais de diferentes bandas através de equipamentos de medição. Tais dados condicionam uma base para preparação de mapas de solos semidetalhados com escalas variando de 1:50.000 a 1:250.000. Baseado na capacidade demonstrada pelos satélites atuais, mapas de solos estão sendo obtidos com elevada rapidez, o que seria difícil num futuro próximo com os métodos convencionais.

A interpretação visual das imagens orbitais, quando bem empregada, traz resultados bastante satisfatórios, com a possibilidade de estratificação da região em estudo em áreas homogêneas tornando possível o planejamento global das atividades de campo e diminuindo o número de observações, que acarreta redução dos trabalhos de levantamento com aumento da precisão dos traçados de limites entre as unidades de solos (VETORAZZI e COUTO, 1990).

WESTIN e FRAZEE (1976) comparando mapas de paisagem obtidos através de imagens LANDSAT, com os mapas de associação de solos corrente mostrou que, mais unidades de solos foram separadas com a utilização das imagens combinadas com checagens de campo do que as encontradas nos mapas convencionais de associação de solos, fato este também registrado por SINGH e DWIVEDI (1986). Segundo esses autores, um mapa de solos em pequena escala foi obtido através de interpretação visual e delineamento de unidades fisiográficas sobre imagens MSS - LANDSAT conjuntamente com dados relativos a litologia, topografia e dados coletados à campo, obtendo 93,3 % de precisão com respeito a delineamento aos limites entre as unidades dos solos.

Empregando-se imagens TM-LANDSAT em formato digital codificada em composição colorida ou banda simples, ROCHA et al. (1993) concluíram que o emprego da análise de elementos realizada diretamente no monitor do SITIM-340 apresentou elevada integração de dados quando comparado com o levantamento convencional de solos na escala 1:100.000, sendo que a análise do tipo de terreno, seu relevo, sistema de drenagem, vegetação natural/uso, tonalidade, textura e padrão, empregados na análise de elementos foram adequados na diferenciação das unidades fisiográficas para

estudos dos solos. A delimitação de determinadas unidades de mapeamento, que nem sempre são visíveis nas fotografias pancromáticas devido a cobertura vegetal e o uso da terra, podem ser realizadas com maior facilidade através do uso de imagens multiespectrais (MULDERS e EPEMA, 1986).

As imagens de satélite segundo HILWIG, GOOSEN, KATSIERIS (1974) são influenciadas pelas condições da superfície da terra e secundariamente por fatores tais como absorção atmosférica, irregularidades do sistema, etc. As condições de superfície terrestre incluem a cobertura vegetal (tipo e quantidade), a umidade da superfície, textura superficial do solo, cor da superfície do solo, erosão, afloramentos rochosos, tamanho e forma das rampas, etc. Todas elas, com exceção da cobertura vegetal, revelam as características de superfície de um perfil de solo. Como na maioria dos casos a parte superficial dos solos é reflexo das condições que ocorrem no interior do perfil, os autores comentam existir uma forte razão da análise do uso de imagens MSS na condução de levantamentos de solos.

MYERS (1975) comenta que a maior parte das informações pedológicas podem não vir diretamente das imagens, mas sim de informações colaterais, além de trabalhos de campo e o conhecimento do pesquisador. A imagem pode providenciar somente informações sobre a distribuição dos solos. A sua interpretação depende então dos conhecimentos sobre o clima local, a vegetação e a topografia, que são os mesmos requisitos utilizados para produção de mapas por métodos convencionais. Em adição, o autor comenta que, o devido conhecimento sobre os sistemas sensores em muito contribui na interpretação e no delineamento de padrões diferenciados dos solos.

Através de análise visual preliminar fundamentada nos elementos fotointerpretativos (padrão de drenagem, relevo, textura e tonalidade fotográfica), SANTOS et al. (1990b) obtiveram a individualização de unidades fisiográficas em imagens TM - LANDSAT espectralmente homogêneas, que possibilitaram a confecção de mapas preliminares de solos, a nível de reconhecimento de alta intensidade (1:100.000). Os autores concluíram ainda que, dentre as bandas analisadas, a de melhor destaque foi a banda 4, em virtude do alto contraste oferecido pelos elementos da paisagem.

Segundo HE e WANG (1990) a textura fotográfica é uma importante característica espacial, útil para a identificação de objetos ou regiões de interesse em uma imagem. A análise textural representa o mais importante papel no processamento e classificação de imagem, e interpretação de dados remotamente sensoriados. Comentam ainda os autores que, em dados remotamente sensoriados com uma alta resolução espacial, como por exemplo a do satélite SPOT, alguns dos elementos do terreno são representados por um grupo de pixels e não somente por um pixel.

Utilizando-se de métodos fotointerpretativos, VETORAZZI e COUTO (1990) delimitaram unidades fisiográficas sobre imagens TM-LANDSAT 5 cópias papel em duas escalas, através da compartimentação de áreas obtidas pela análise visual do relevo, através de sombras e textura fotográfica e da rede de drenagem superficial decalcada. Tais unidades serviram para a elaboração de mapas de solos em duas escalas cujo objetivo foi o de analisar a exatidão de classificação dos mapas em relação a uma verdade terrestre. Os autores concluíram haver diferenças significativas entre as escalas e entre os solos para cada escala, ressaltando a superioridade técnica da escala 1:100.000 em relação a 1:250.000, para este tipo de trabalho.

Através do uso de imagens MSS - LANDSAT 1 em comparação com fotografias aéreas pancromáticas verticais, CARNEIRO e AZOLIN (1976) concluíram que as delimitações realizadas com as imagens orbitais, considerando-se o nível de reconhecimento para o levantamento realizado, foram semelhantes àsquelas realizadas com as fotografias aéreas, sendo possível o seu uso para levantamento de solos com este nível de detalhamento. No entanto, comentam os autores, as manchas de solos delimitadas nestas últimas eram mais homogêneas. Concluíram ainda que tais imagens orbitais podem ser empregadas em levantamentos mais detalhados, desde que sejam feitas as coletas de informações à campo.

Estudos sobre a capacidade do TM - LANDSAT para preparo de vários tipos de mapas de solos foram realizados na Índia por BISWAS e SINGH (1991) que delimitaram, através de interpretação visual de uma composição falsa cor obtida nas bandas 2, 3 e 4 na escala 1:250.000, tres unidades de acordo com o padrão da paisagem. Estas unidades foram então subdivididas em vinte subunidades. Os resultados permitiram concluir que as possibilidades da composição colorida utilizada

para a avaliação do solo e dos recursos da terra são grandes, com elevada redução no tempo utilizado para o mapeamento de grandes áreas. Devido ao elevado grau de resolução, com dados distintos e detalhados, as imagens possibilitaram a discriminação de limites precisos de solos. Concluíram ainda que, em comparação com fotografias aéreas, as imagens TM possuem vantagens para diferenciação do material de superfície mas, quando são conjuntamente utilizadas para o mesmo fim, o trabalho de mapeamento torna-se mais eficaz. Os autores concluem ainda que as imagens orbitais tornam-se boas ferramentas especialmente para a avaliação dos solos e dos recursos da terra em geral.

Em estudos comparativos entre fotointerpretação de imagens MSS/RBV - LANDSAT e fotografias aéreas, para obtenção de unidades fisiográficas utilizadas no mapeamento convencional de solos à nível de reconhecimento com detalhe, DONZELI et al. (1983) concluíram que a utilização de tais imagens em associação com imagens de radar na escala 1:250.000, possibilitou a definição de unidades de mapeamento com estreita correlação. A metodologia utilizada na definição das unidades fisiográficas nas imagens orbitais mostrou-se portanto perfeitamente adaptada. Os autores comentam ainda que, dentre os principais elementos usualmente utilizados nas fotografias aéreas pancromáticas foram utilizados nas imagens a drenagem, relevo, tonalidade e textura fotográfica. As características da rede superficial de drenagem passíveis de observação nas imagens orbitais são o grau de integração, a densidade e o grau de uniformidade, sendo estas características juntamente com a tonalidade fotográfica destacadas nas imagens RBV. Já as imagens de radar e MSS, referem os autores, contribuem com os aspectos de relevo (dissecação e presença de cristas) e a textura fotográfica. Os estudos realizados mostraram que a partir de uma análise conjunta dos elementos de interpretação, há possibilidade de individualização de áreas reconhecidamente homogêneas.

ROCHA (1993) utilizando a composição colorida 4R, 5G e 3B da imagem TM - LANDSAT, empregou análise fisiográfica para a estratificação da paisagem em áreas homogêneas. O mapa, conclui o autor, obtido pela interpretação visual das imagens, à nível de monitor, apresentou maior poder de discriminação das unidades de mapeamento que o mapa de referência. A delimitação das unidades foram efetuadas através de guias obtidos por agrupamentos de células que compunham uma grade

regular registrada sobre a área em estudos. Tal agrupamento foi realizado através da análise dendrométrica formada pelo agrupamento das variáveis que compunham cada célula. As variáveis utilizadas para a análise de agrupamentos foram: densidade de drenagem, comprimento total dos canais, número de canais ponderados, comprimento de canais ponderados, razão textura ponderada e níveis de cinza das imagens orbitais nas bandas 3, 4, 5 e 7 do TM.

VETORAZZI (1988) trabalhando com interpretação de imagens TM - LANDSAT em duas escalas concluiu que empregando-se, conjuntamente, três bandas (3, 4 e 5), estas imagens apresentam grande utilidade na delimitação de unidades fisiográficas, para ambas as escalas estudadas, sendo que o maior número de unidades delimitadas refere-se às imagens na escala 1:100.000 em relação à escala 1:250.000. O autor conclui ainda que, para maior distinção entre os diferentes grupos de unidades fisiográficas a análise da densidade de drenagem teve maior desempenho dentre os diferentes elementos que caracterizam qualitativamente o padrão de drenagem. Já para os elementos de relevo, as melhores contribuições foram fornecidas pela classe de relevo seguida pelo comprimento das vertentes.

AGBU et al. (1990) em estudos conduzidos para determinar o relacionamento existente entre dados obtidos através de satélite de alta resolução espectral e propriedades dos solos utilizados para delineamento de unidades de mapeamento e classificação concluíram, através de análises de multi-regressão, correlação significativa entre os dados SPOT e as propriedades químicas, físicas e morfológicas de superfície e subsuperfície de alguns solos, podendo ser portanto preditas pela análise dos dados do satélite e vice-versa. Esta significativa correlação, descrevem os autores, confirma a associação existente, talvez devido à influência genética, das propriedades de superfície dos solos com as propriedades de subsuperfície. Dentre as características dos solos analisadas, os conteúdos de carbono orgânico da superfície, cor e croma do Horizonte A, conteúdo de silte do solo foram significativamente correlacionados apenas as bandas vermelha e verde do SPOT, enquanto o regime de umidade dos solos foi mais significativamente correlacionado com a banda infravermelha próxima. Já o posicionamento da paisagem e a porcentagem de declividade não foram importantes como características locais prognosticadas pelas variáveis que compõem o espectro do satélite. Os autores comentam ainda que, as

propriedades mensuradas dos solos foram testadas em termos de seu uso na predição da resposta espectral do SPOT. Finalizando, os autores afirmam que o índice de brilho da imagem provou ser um parâmetro espectral mais útil se as propriedades de superfície dos solos forem extraídas de dados de satélites. No entanto, a relação de dados originais parece ser uma técnica mais desejável quando as propriedades de subsuperfície dos solos são de interesse.

Segundo GASTELLU-ETCHEGORRY et al. (1990), através de uma avaliação da capacidade do satélite SPOT para mapeamento da geologia e solos na faixa central de Java em duas escalas, concluíram que os dados obtidos através do satélite são mais eficientes, seguros e convenientes em relação as fotografias aéreas para produção de mapas geológicos e de solos em pequena e média escala. Além disso, os mapas derivados do SPOT, podem ser finalizados mais rapidamente. Os autores concluem ainda que, em áreas com relevo ondulado, as sombras derivadas destes foram usadas eficientemente na separação de unidades, principalmente na banda XS3.

Em estudos realizados na Paraíba, ULBRICHT e TEOTIA (1986) analisaram as potencialidades de imagens obtidas do TM - LANDSAT para estudos das características geológicas da paisagem (padrão de drenagem), características morfofísicas dos solos e a capacidade de uso dos solos da região estudada. Através dos resultados obtidos, os autores concluíram que o emprego destas imagens são suficientemente boas para a determinação de limites dos vários tipos de solos e do padrão de drenagem, que são significantes aspectos de três diferentes padrões de paisagem da parte semi-árida da área estudada. Os autores concluem ainda que a combinação de imagens orbitais com fotografias aéreas de média escala (1:25.000) beneficia um estudo mais detalhado sobre a conservação e planejamento do solo e da água.

2.3 REFLECTÂNCIA DOS SOLOS

Segundo ROSA (1990) a medida dos valores de reflectância de um corpo ou alvo ao longo do espectro eletromagnético é definida como o comportamento espectral do alvo. Como diferentes alvos podem apresentar respostas espectrais características podemos, devido a esta propriedade, identificar diferentes alvos existentes na natureza.

Os sistemas de sensoriamento remoto detectam a intensidade da radiação eletromagnética emitida, refletida ou espalhada por um objeto em um comprimento de onda particular. Em decorrência das condições de terreno, ocorrem variações na intensidade de radiação eletromagnética que são comumente manifestadas pela variação de brilho sobre as imagens, sendo o brilho uma grandeza da resposta produzida no olho humano, somente determinada por valores relativos, por se tratar de uma sensação subjetiva. Já a luminância, é uma medida quantitativa de intensidade de luz de uma fonte e é mensurada com dispositivos denominados fotômetros, que podem ser comparados e calibrados através de escalas de cinza (SABINS Jr., 1987).

Segundo WEILAND (1979) a escala de cinza fornece a relação entre a densidade do feixe de elétrons usada na exposição da imagem original e os níveis de cinza que compõem a imagem. Vale resaltar ainda que a densidade do feixe de elétrons é decorrente da diferença de voltagem que ocorre no sensor, que por sua vez está relacionada à energia eletromagnética que incide sobre o mesmo. Portanto, pode-se definir uma imagem digital como sendo uma matriz, cujos índices de linhas e colunas identificam espacialmente um ponto (x,y) , e o valor do elemento correspondente, na matriz, identifica o seu nível de cinza definido por uma função bidimensional de intensidade luminosa $f(x,y)$. Os elementos desta matriz são denominados "pixels" cujos valores assumem 256 níveis de cinza, sendo que seus valores só assumem valores inteiros e não negativos (PARADELA e DUTRA 1980 e KIRCHNER et al., 1988). Segundo STEFFEN e SOUZA (1980) o nível de cinza de cada ponto da imagem (pixel) MSS - LANDSAT corresponde ao valor da radiância do Elemento de Resolução do Terreno.

CRÓSTA (1992) descreve que as cenas da superfície da Terra obtidas através de sensoriamento remoto, incluindo-se o satélite LANDSAT, são compostas pela disposição bidimensional de células ou "picture elements". A cada pixel, comenta ainda

o autor, está associado um valor de reflectância observada da superfície terrestre. Esses valores estariam dentro de bandas relativamente estreitas do espectro eletromagnético.

Dentre os diversos alvos passíveis de serem observados, o solo tem merecido especial atenção por muitos pesquisadores. Os trabalhos que surgiram ao longo do tempo sobre o comportamento espectral dos solos definem sua real importância como meio de identificação e de sua caracterização (ROSA, 1990).

Os métodos para estudo de solos, conforme ANDRONIKOV e DOBROVOL'SKIY (1991), estão baseados no fato de que diferentes solos e tipos de culturas agrícolas absorvem e emitem radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de ondas do espectro eletromagnético. Como resultado, cada complexo solo-agricultura possui um padrão de resposta espectral, como mostrado em fotografias aéreas e imagens orbitais. Os autores comentam ainda que a acurácia na identificação de áreas ocupadas por diferentes tipos de solos está aumentando, como também o seu conteúdo, especialmente com respeito a estrutura de sua cobertura, tornando o trabalho de campo menos dispendioso e em tempo reduzido.

Em seus estudos sobre as características espectrais dos solos, KING (1985) concluiu que a resposta radiométrica dos solos não traduz a constituição de seu horizonte superficial, mas permite constatar as distinções possíveis em grupos. No interior destes grupos existe o efeito de convergência ou seja, dois locais de natureza muito parecidos possuem valores de reflectância similares .

CIPRA et al. (1980) utilizando um espectraloradiômetro de campo modelo EXOTECH 20C, obtiveram medidas espectrais, para amostras de solos sem cobertura vegetal efetiva, com alta correlação com os valores obtidos das leituras dos níveis de cinza em todos os canais de uma imagem MSS - LANDSAT 1 da região de onde foram coletadas as amostras para leitura laboratorial.

Segundo BAUMGARDNER e STONER (1982) muitos pesquisadores têm se defrontado com o dilema de não serem capazes de entender ou explicar as causas de muitas das variações na reflectância da superfície dos solos. Este problema é fato desde os primeiros estudos de solos com dados multiespectrais de sensores tanto montados em plataformas aéreas como espaciais. Alguns novos sensores, comentam os autores, por possuírem diferentes bandas espectrais possibilitam, através da análise digital de

seus dados, classificarem cenas da paisagem em diversas categorias espectralmente separáveis, com base nas diferenças de fácil percepção existentes entre uma e outra banda espectral dos sensores.

Segundo STONER e BAUMGARDNER (1981) a reflectância do solo é uma propriedade cumulativa derivada do comportamento espectral inerente da combinação heterogênea de seus componentes tais como o tamanho de partícula, estrutura do solo, rugosidade superficial, umidade, porcentagem de matéria orgânica, quantidade de minerais carbonatados, presença ou não de quartzo e óxidos de ferro. A correlação entre as características espectrais de diferentes solos e sua possível correlação com os dados multiespectrais coletados em plataformas aéreas e espaciais tem sido apresentados por diversos autores (BOWERS e HANKS, 1965; CIPRA et al., 1971; MYERS, 1975; GERBERMANN e NEHER, 1979; CIPRA et al., 1980; KING, 1985; SABINS Jr., 1987 e FRAZIER e CHENG, 1989).

BOWERS e HANKS (1965) concluíram que o conteúdo de umidade na superfície, quantidade de matéria orgânica e tamanho de partículas influenciam fortemente a reflectância e absorvância da energia solar radiante pelo solo e que os resultados são diferentes para cada tipo de solo analisado. Os autores conseguiram medir, em diferentes amostras de solos, a diminuição da reflectância em seis diferentes níveis de umidade em um intervalo dentro do espectro eletromagnético variando entre 500 e 2500 μm . Os resultados mostraram que a reflectância dos solos diminuem com a elevação dos teores de umidade neles contidos. Com isso, os autores observam ser possível a utilização de medidas de reflectância para se determinar a umidade superficial dos solos, principalmente na região de 1950 μm do espectro eletromagnético.

Trabalhos desenvolvidos em laboratório por CONDIT (1970), baseados na reflectancia espectral entre 320 a 1000 nm para 160 amostras de solos de 36 Estados norte americanos, mostraram que as melhores faixas para identificação de solos ocorrem nos comprimentos de onda de 450, 540, 640, 740 e 860 nm.

STONER e BAUMGARDNER (1981) trabalhando com 485 amostras de solos coletadas nos EUA e Brasil representando 30 subordens de 10 ordens do sistema americano de taxonomia de solos, concluíram: a) existência de cinco distintas formas de curvas de reflectância do solo, que tinham em comum certas diferenciações características pertinentes principalmente aos conteúdos de matéria orgânica e óxidos

de ferro desses solos; b) As formas das curvas foram caracterizadas de acordo com as propriedades dos solos geneticamente homogêneas de uma maneira similar com a subdivisão do nível de subordem do sistema americano de taxonomia de solos.

NETTO et al. (1993a) conseguiram estabelecer, através da relação entre bandas TM - LANDSAT, índices de hematita que foram desenvolvidos baseados no estudo da reflectância difusa de várias amostras de latossolos. Na finalização dos resultados, os autores conseguiram, através do índice, individualizar duas classes de latossolos (Latosolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo) de acordo com os teores de hematita contidos nos horizontes superficiais de cada solo, definidos pelas imagens TM - LANDSAT.

Estudo realizado por RIEDEL et al. (1988) com o objetivo de avaliar as relações existentes entre teores de titânio, ferro e alumínio presentes nas formações geológicas superficiais alteradas de certa região do leste Paulista e os níveis de cinza de imagens digitais TM - LANDSAT nas bandas 3, 4, 5, e 7, concluíram a existência de nítida relação espacial entre os teores minerais e os níveis de cinza da imagem, além de constatarem que os valores reduzidos dos níveis de cinza, associados às tonalidades mais escuras da imagem, caracterizam os aumentos dos teores dos elementos em questão devido ao avanço dos processos intempéricos.

EPIPHANIO e FORMAGGIO (1988) comentam que a análise quantitativa de imagens digitais sobre o comportamento espectral de alvos deve ser feita com dados de reflectância, por ser o meio mais adequado para a sua caracterização e não com números digitais (ou níveis de cinza). Comentam ainda que na transformação de tais números em valores de reflectância torna-se necessária a eliminação do efeito da atmosfera. Para tanto, devem ser utilizadas equações adequadamente adaptadas para cada banda utilizada na produção das imagens digitais.

Os resultados obtidos por SANTOS et al. (1988) sobre o comportamento espectral do solos no Estado da Paraíba mostraram a necessidade da análise de pelo menos duas bandas (uma no visível e outra no infravermelho), dentre as bandas espectrais utilizadas no estudo para a identificação das unidades de mapeamento selecionadas, com excessão de uma das unidades. Comentam ainda que as pequenas diferenças registradas dos níveis de cinza das bandas estudadas, são bastante significativas na análise digital, ainda que, possam não ser percebidas nas análises

visuais nas imagens utilizadas para cada unidade de mapeamento da área de estudos, tornando-se portanto indispensável a análise simultânea dos elementos fotorinterpretativos como a tonalidade, textura fotográfica, drenagem, uso da terra e vegetação natural.

NETTO et al. (1993b) conseguiram estabelecer correlações entre parâmetros espectrais e conteúdos de óxidos de ferro, caulinita e gibsita trabalhando com dados mineralógicos e de reflectância difusa de 56 amostras de latossolos. Boa correlação foi encontrada entre comprimentos de onda dominantes e razão hematita/hematita+goetita, além da determinação dos conteúdos de hematita através de índices de cor definidos por esses comprimentos, saturação e brilho de cada amostra. A possibilidade de se estimar os teores dos principais minerais presentes nos solos estudados com a utilização de dados de reflectância possibilita a abertura de novas fronteiras para os estudos pedológicos com a perspectiva de utilização de imageadores aerotransportados tornando possível a espacialização destas propriedades dos solos, contribuindo para a cartografia pedológica.

Segundo ROCHA et al. (1993) o emprego de forma acessória de níveis de cinza de imagens TM - LANDSAT nas bandas 3, 4 e 5, aplicada em levantamento de solos da Serra do Mar do Estado do Paraná, possibilitou o fornecimento de informações adicionais para a definição de subunidades dentro de unidades fisiográficas características da área de estudos, particularmente na diferenciação entre vegetação com portes e densidades distintas, relacionadas a solos rasos ou profundos e com presença ou ausência de pedregosidade e/ou rochosidade. Neste sentido a análise das bandas dentro das unidades fisiográficas mostrou-se adequada como auxiliar na identificação das subunidades de solos.

Em trabalho sobre a integração de dados através da análise de agrupamentos ROCHA (1993) utilizou como variáveis os valores de níveis de cinza nas bandas 3, 4, 5 e 7 de um imagem TM - LANDSAT no formato digital, obtidos dentro de células com 0,25 km² que compunham uma grade regular que cobria a sua área de estudos. A escolha e avaliação destas variáveis teve um caráter acessório, uma vez que não foram realizadas leituras de reflectância dos solos estudados tanto a campo como em laboratórios. O comportamento espectral dos Latossolos de textura argilosa foram mais baixos em relação aos Latossolos de textura média, sendo que os solos Podzólicos de

textura argilosa apresentaram a mesma tendência que os Latossolos ou seja também possuem baixos valores de níveis de cinza.

2.4 UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS NA DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES DE SOLOS

Dentro de um espaço euclidiano multidimensional cada indivíduo, em uma amostra multivariada, pode ser considerado como um ponto, quando diversas medidas são efetuadas dentro de uma unidade. Com o objetivo de se agrupar esses pontos em um conjunto que possam evidenciar aspectos importantes relativos à amostra, existem vários processos classificatórios utilizados. Um desses métodos é conhecido como Análise de Agrupamentos (CURI, 1983b).

A análise de agrupamentos, segundo BUSSAB et al. (1990), engloba um número de técnicas e algoritmos variados ao qual o objetivo final encerra-se na separação de indivíduos em grupos semelhantes, segundo uma de suas características.

Segundo CURI (1983a) a análise de agrupamentos não pressupõe a existência de grupos. Os diversos processos desta ampla metodologia objetivam transformar um conjunto heterogêneo de unidades em grupos que se caracterizam pela homogeneidade interna e heterogeneidade externa. Deste modo o que a análise de agrupamentos pretende resolver é : definir uma forma ou esquema de classificação que possa agrupar um número n de indivíduos sendo que cada um deles é medido segundo p variáveis (atributos).

Dentro da pesquisa de solos, a análise de agrupamentos tem sido recentemente utilizada na discriminação de bacias hidrográficas e unidades fisiográficas. Os resultados obtidos nos diferentes estudos comprovam a eficiência do uso deste processo de classificação, mesmo que utilizando diversos procedimentos tanto na escolha do tratamento das variáveis como também em relação ao tipo de unidade amostral adotada.

Em estudos realizados para a caracterização fisiográfica através da interpretação de imagens TM - LANDSAT no mapeamento de solos, VETORAZZI (1988) empregou a análise de agrupamentos na definição de grupos homogêneos de unidades fisiográficas referentes a diferentes tipos de solos através dos elementos de interpretação. Suas

conclusões verificaram a eficiência de cada elemento na discriminação entre os diferentes grupos fisiográficos, relacionados a solos semelhantes na genética e morfologia. O mesmo autor comenta ainda que a aplicação da análise de cluster para os dados obtidos em seu trabalho mostrou-se de grande utilidade, uma vez que possibilitou a orientação e operação de agrupamento de maneira a eliminar parcialmente a subjetividade da formação dos grupos, o que seria inevitável sem o seu emprego. Para a definição das unidades fisiográficas, o autor descreve como outro fator positivo na utilização da análise a possibilidade de associar-se o grau de dificuldade na separação destas através de uma escala de valores numéricos (coeficiente de semelhança).

BARROS (1988) utilizando a análise de agrupamentos na caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos, concluiu que o uso desta análise torna-se mais eficiente na discriminação das bacias quando utilizada conjuntamente com os atributos dimensionais da composição da rede de drenagem e relevo.

Para a discriminação de três unidades de solo, à nível de reconhecimento, no Município de Botucatu (SP), CARVALHO, FRANÇA e CURI (1990) fizeram uso da análise de agrupamentos. Os resultados indicaram a viabilidade de seu uso para os objetivos propostos. A análise de agrupamentos, segundo os autores, mostrou-se eficiente na discriminação dos solos quando estes utilizaram parâmetros de relevo e os parâmetros da bacia hidrográfica em conjunto com o relevo.

ROCHA (1993) utilizando a integração entre a análise de agrupamentos e interpretação de imagens TM - LANDSAT possibilitou a individualização de unidades fisiográficas, sendo que o mapa obtido por esta integração foi mais eficiente na discriminação que o mapa de solos utilizado como referência. A análise foi utilizada para agrupamento de dados contidos em onze variáveis: densidade de drenagem ponderada, frequência ponderada de drenagem, comprimento total do canais, número de canais ponderado, comprimento de canais ponderado, razão textura ponderada e níveis de cinza de quatro bandas de imagens TM-LANDSAT.

3 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área em estudo localiza-se no Município de Ivatuba ao noroeste do Estado do Paraná (Figura 1), no Terceiro Planalto ou Planalto de Apucarana (MAACK, 1981), delimitada pelas coordenadas UTM, com base no meridiano 51° W.G. 370 - 388 km e 7382 - 7400 km do Equador e coordenadas geográficas 23°30' - 23°45' latitude sul e 52°00' - 52°20' longitude oeste, cobrindo quase a totalidade da área a Folha Topográfica de Ivatuba (SF-22-Y-D-IV2), e outra pequena parte pela Folha Topográfica de Jussara (SF-22-Y-D-IV-1), ambas em escala 1:50.000 e elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. O Município possui uma área total de 93,599 km², e altitude média de 490 m.s.n.m. (PARANÁ, 1982).

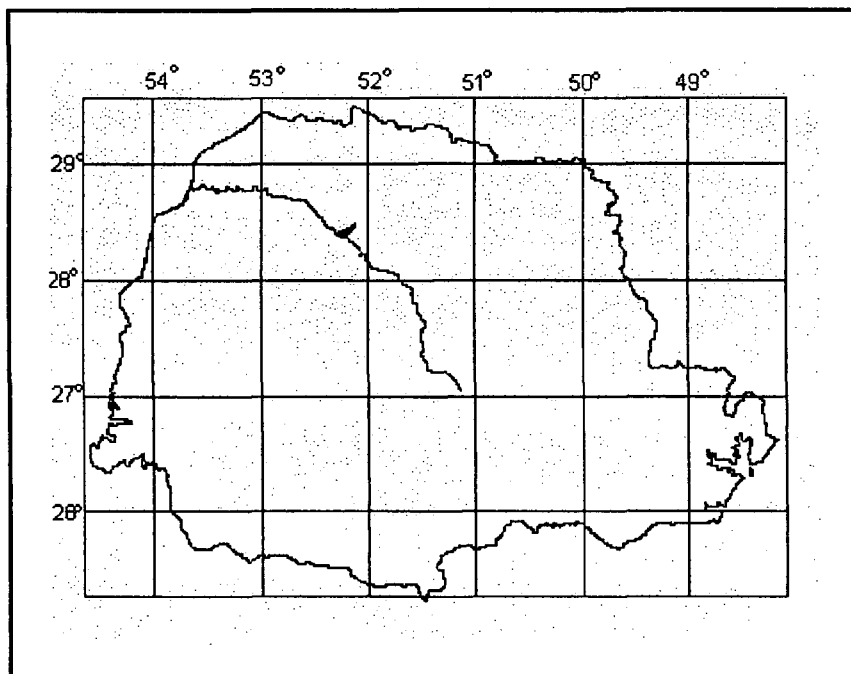
3.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA ÁREA

Destacam-se para a escolha desta área para a execução do presente trabalho as seguintes vantagens:

- a) A representatividade do ambiente pedogenético que é característico do norte e noroeste do Estado além de sua considerável extensão;
- b) facilidade para realização dos trabalhos de campo, tendo em vista o apoio fornecido pela prefeitura do Município;

- c) a área apresenta um grande número de alvos de interesse temático;
- d) estar a mesma em condições de fácil acesso;
- e) servir de exemplo para outros Municípios da região que queiram efetuar os mesmos trabalhos de levantamento e reconhecimento de suas terras.

Figura 1 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.



3.3 CLIMA

De acordo com a carta climática do Estado do Paraná (IAPAR, 1978) a classificação, baseada em Koeppen, é Cfa apresentando as seguintes características: subtropical úmido mesotérmico, verões quentes com geadas menos frequentes que outras regiões do Estado, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. Segundo a carta, a média de precipitação anual apresenta-se em torno de 1200 a 1300 mm, sendo que no trimestre mais chuvoso (Dez/Jan/Fev) constata-se precipitações em torno de 440 a

450 mm, enquanto o trimestre mais pobre em chuvas (Jun/Jul/Ago) apresenta precipitações variando de 220 a 250 mm.

Os verões são quentes mantendo a temperatura média anual entre 20 e 22 °C, com o mês mais quente com temperaturas acima de 22 °C e o mes mais frio com temperatura média não inferior a 18 °C. Dados pluviométricos registrados por BITTENCOURT (1980), posiciona as médias anuais de precipitação na faixa de 1.500 mm.

3.4 GEOLOGIA

A área em estudo situa-se sobre a formação Serra Geral pertencente ao grupo São Bento (Figura 2), que aflora em cerca de 53 % do território paranaense (LEINZ e AMARAL, 1987). Esta formação, de idade entre o Jurássico Superior e o Cretáceo inferior, constitui-se predominantemente por derrames sucessivos de basaltos toleíticos pouco espessos e subhorizontais e, subordinadamente, por arenitos finos a siltitos e brechas intertrapianos em leitos contínuos com variação de espessura, e muito raramente por diques pequenos silto-arenosos intertrapianos (GIMENEZ FILHO et al., 1983).

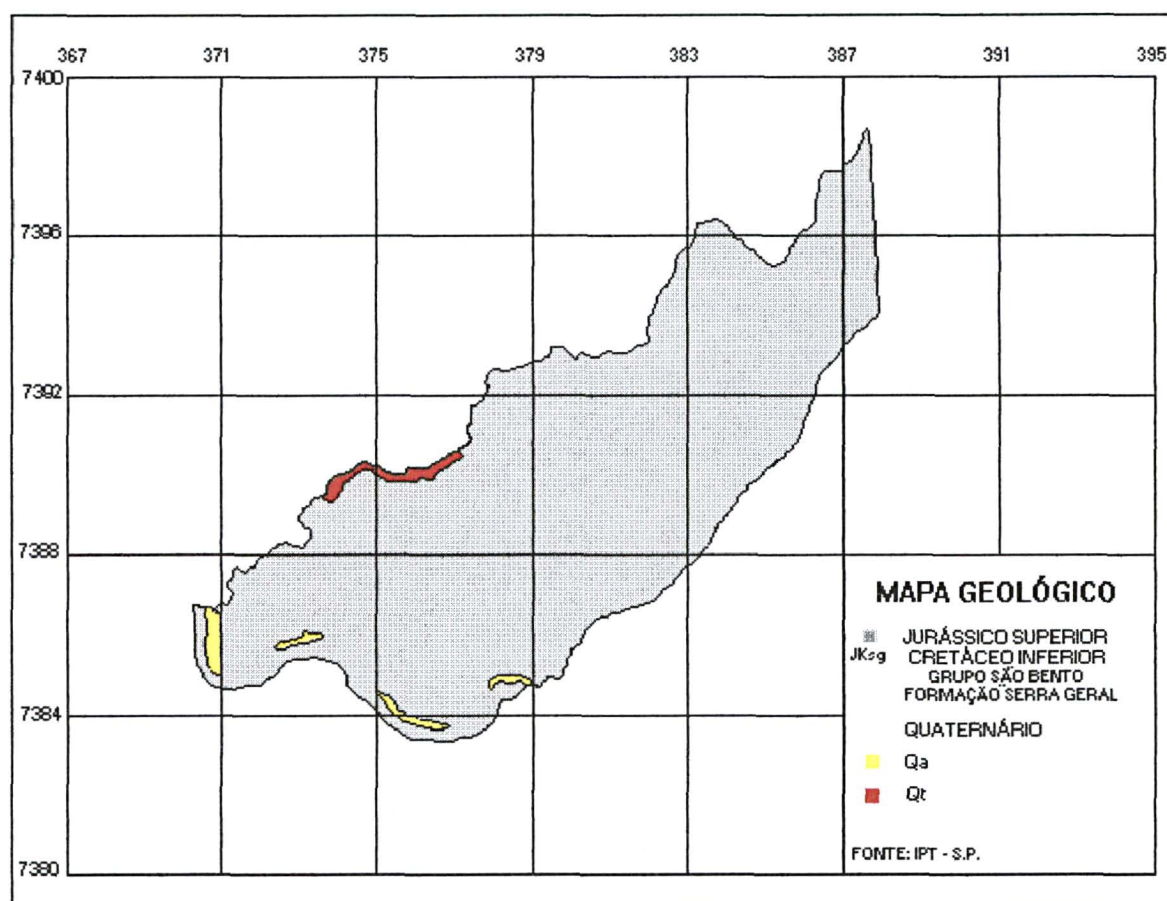
Tais derrames são cortados por diques e sills de diabásios com textura ofítica, tendo como minerais essenciais os feldspatos do tipo andesina e pigeonitas, além de feldspatos potássicos, cloritas, serpentinas e quartzo e de pequenas porções de outros minerais. Nos minerais opacos predominam a magnetita como também a ilmenita (BITTENCOURT, 1980).

Segundo GIMENEZ FILHO et al. (1983) observações realizadas na área demonstraram a existência de variações de basaltos, sendo encontrados basaltos muito rígidos, finos, de coloração cinza-esverdeado escuro a cinza escuro, basaltos amigdalóides e intertrapianos, todos em diferentes graus de alteração. Além do basalto, o autor destaca também a presença, em menor participação, de cobertura cenozóica representada por depósitos aluvionares, coluvionares e colúvio-aluvionares.

Esses depósitos compreendem as cascalheiras fluviais, aluviões entalhados subatuais, aluviões em terraços e aluviões atuais, que correspondem a depósitos formados originalmente em planícies aluvionares, principalmente ao longo do rio

Ivaí. Além destes, depósitos aluvionares atuais estão se formando, ainda hoje, em pequenas várzeas inundáveis junto aos do rio Ivaí. Esses depósitos são constituídos basicamente por material arenoso e areno argiloso, homogêneo, de coloração cinza e cinza esbranquiçado a amarelado, sem estruturas sedimentares evidenciadas.

Figura 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDOS.



3.5 VEGETAÇÃO

A região originalmente possuía uma cobertura vegetal exuberante, compondo parte da Floresta Tropical Subperenifolia, hoje quase que totalmente devastada, decorrente da ação antrópica, permanecendo apenas pequenas áreas, ainda que alteradas na sua constituição florística. Alguns remanescentes destas áreas

apresentam ainda exemplares mais comuns como: canafístula, peroba, cedro, figueira - branca, bem como inclusões de espécies da floresta tropical perenifólia como o pau-d'alho e o palmito (EMBRAPA, 1984).

Atualmente, em decorrência da intensa colonização, essas áreas de relevo pouco movimentado e solos com elevada fertilidade natural e clima propício, suportam intensa atividade agrícola baseada principalmente no binômio soja-trigo e outros tipos subordinados de culturas, além de pequenos focos de vegetação secundária, principalmente nas áreas de relevo mais acidentado, onde o eucalipto é a espécie mais encontrada.

3.6 RELEVO

Uma visão geral sobre a geomorfologia da área pode ser observada nas Pranchas 1 e 2.

Segundo ALMEIDA (1964) o Terceiro Planalto paranaense caracteriza-se pela presença de morros e colinas de pequena amplitude predominantemente, e ausência de relevos acidentados.

GIMENEZ FILHO et al. (1983) descrevem que na região onde se encontra a área de estudos, a paisagem é representada pela ocorrência de relevo de colinas amplas de pequena amplitude com perfil retilíneo e convexo contínuo e topos extensos aplainados. As rampas são longas e pouco declivosas, possuindo apenas próximo aos canais de drenagem declividade mais acentuada. A maior parte da área está caracterizada por relevo suave ondulado a plano, com variação de altitude entre 265 a 430 m.s.n.m..

Pequenas bacias aluvionares planas são encontradas próximas ao rio Ivaí e Taquaruçú, onde desenvolvem-se solos aluviais e hidromórficos.

Prancha 1 e 2 - VISÃO GERAL DA GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDOS.



3.7 SOLOS

De acordo com o levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná (EMBRAPA 1984) serão apresentados as seguintes classes de solos encontrados na área com suas mais significantes características:

a) LRe1 - LATOSSOLO ROXO EUTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano.

Estes solos, provenientes do intemperismo das rochas eruptivas básicas, são solos minerais, de ocorrência predominantemente tropical e subtropical úmido, não hidromórficos, com horizonte B de coloração arroxeadada, sendo a cor típica bruno-avermelhado-escura, com notação 2,5YR 3/4 e 3/5 de Munsell, sendo também encontrados matizes mais vermelhas (10R) (OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO, 1992). Possuem elevada atração magnética, devido aos elevados teores de magnetita e maghemita (teores de ferro total >18%), facilmente constatado na presença de um ímã. Possuem estrutura granular, forte, com aspecto maciço poroso, bem desenvolvida, com aparência comumente conhecida por pó de café, mas podendo também apresentar organização estrutural do tipo blocos subangulares, mas com desenvolvimento moderado a fraco. São considerados excelentes do ponto de vista agrícola por apresentarem elevada fertilidade natural, com alta saturação de bases, elevada capacidade de retenção de água, muito friáveis e acentuadamente drenados. Por se desenvolverem em áreas de relevos suaves e possuem alta plasticidade e elevado grau de flocculação das argilas, são solos resistentes à erosão em seu estado natural, sendo portanto facilmente agricultáveis, não se excluindo, contudo, a execução de práticas conservacionistas.

Por apresentarem horizonte B latossólico estes solos são, na maioria das vezes, bastante profundos atingindo facilmente mais de 2 metros de espessura, bem intemperizados, não apresentando portanto maiores porções de minerais primários de baixa resistência a meteorização.

Os solos intermediários para Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Latossolo Vermelho-Escuro Eutrófico, ou solos epieutróficos ou com horizonte A parcialmente decapitado pela erosão constituem as principais variações desta unidade.

b) TRe3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICA A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifolia relevo suave ondulado e ondulado.

Por definição, são solos com elevada capacidade de saturação de bases, com horizontes de textura argilosa a muito argilosa, possuindo um reduzido gradiente textural entre o horizonte A e B.

Como no caso do Latossolo Roxo, este é um solo mineral, não hidromórfico, proveniente da meteorização de rochas basálticas.

Possuem coloração bastante uniforme por todo o perfil, especialmente quando se desenvolvem em áreas de clima tropical, o que dificulta as diferenciações dos horizontes, sendo suas transições graduais ou difusas. Segundo OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO (1992) as cores mais freqüentes do horizonte B são bruno avermelhado-escura no matiz com notação de Munsell igual a 2,5YR.

Nestes solos a profundidade varia de 1,30 a 2,50 metros, com exceção das unidades menos profundas (variações para Brunizem Avermelhado), ou muito profundas (intermediárias para Latossolo Roxo).

A característica mais marcante destes solos é o de apresentar no horizonte diagnóstico estrutura prismática, composta de blocos subangulares e angulares, comumente recobertos por cutans iluviais o que lhe concede a impressão de cerosidade, que pode variar em intensidade, sendo forte e abundante nos solos modais e moderada a comum nas variações para o Latossolo Roxo.

Por apresentarem para os horizontes superficiais valores mais elevados de argila natural em relação aos horizontes de subsuperfície associados a terrenos normalmente mais declivosos, estes solos possuem menor resistência a erosão quando comparado aos Latossolos Roxos, mesmo apresentando elevada porosidade e permeabilidade. Este fato condiciona, para a sua utilização, práticas conservacionistas mais específicas que no caso dos Latossolos Roxos.

4 MATERIAIS

4.1 MATERIAIS DE ESCRITÓRIO

4.1.1 DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

A documentação cartográfica utilizada para este trabalho consistiu no seguinte:

a) Carta Planialtimétrica na escala 1:50.000, folha de Jussara (SF22-Y-D-IV-1), curvas de nível eqüidistantes em 20 metros, produzida pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército (MI-2782/1) e editada no ano de 1990;

b) carta Planialtimétrica na escala 1:50.000, folha de Ivatuba (SF22-Y-D-IV-2), curvas de nível eqüidistantes em 20 metros, produzida pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército (MI-2782/2) e editada no ano de 1990;

c) carta Planialtimétrica restituída, na escala 1:25.000, curvas de nível eqüidistantes em 5 metros, produzida pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), abrangendo as coordenadas UTM 368 - 388 km e 7.382 - 7.400 km;

d) carta de solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, escala 1:300.000, produzida pelo Centro de Pesquisas Pedológicas da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, editada em 1984;

e) mapa geológico do Bloco 73, quadrícula Peabiru, folha SF-22-Y-D-IV na escala 1:100.000, produzido pelo INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, editado em 1981;

f) mapa de caminhamento e pontos de observação de dados geológicos do bloco 73, quadrícula Peabiru, folha SF-22-Y-D-IV na escala 1:100.000, produzido pelo INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, editado em 1981;

g) mapa de classes de declividade escala 1:25.000, gerado no Sistema de Informações Geográficas - SGI/INPE, produzido pelo Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de Imagens do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná - UFPR, editado em 1994 (Figura 3);

4.1.2 FOTOGRAFIAS AÉREAS

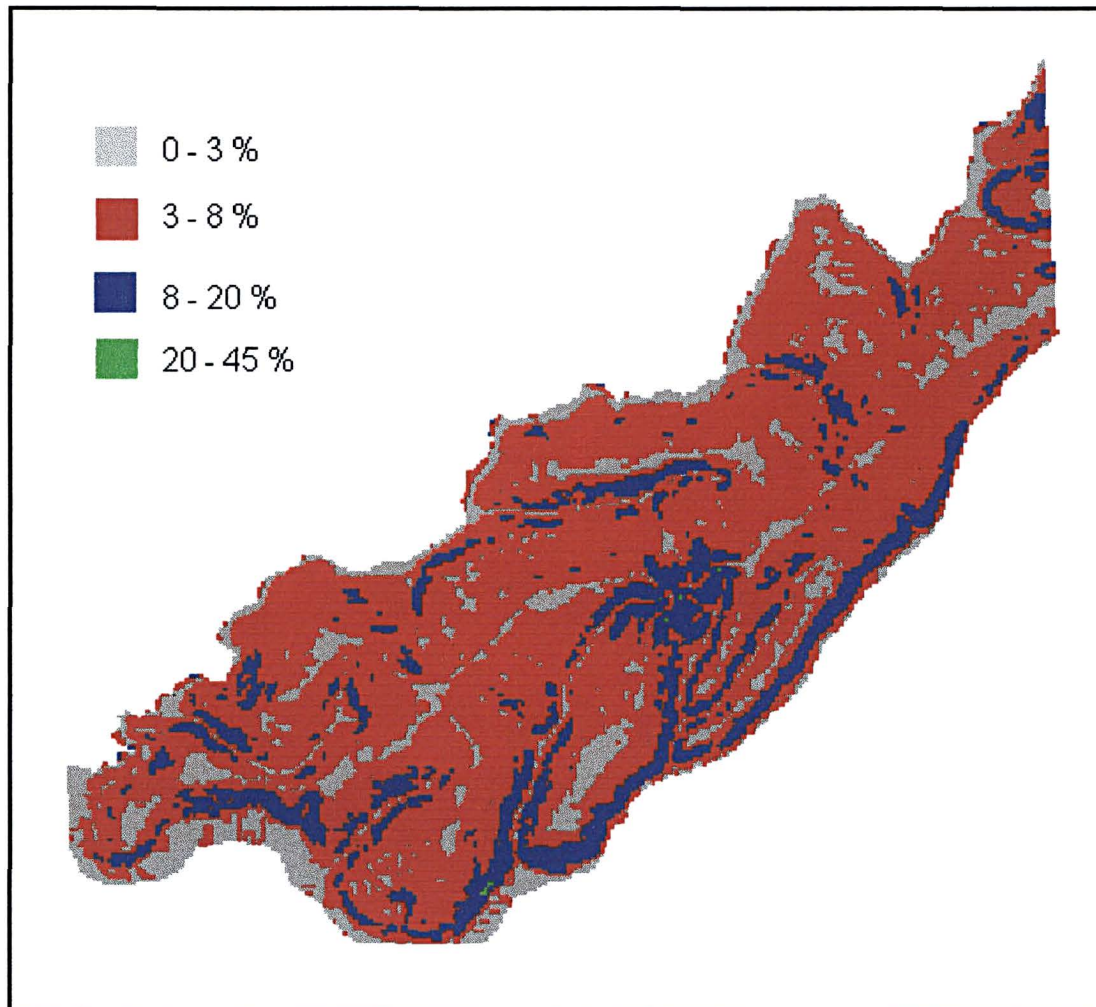
Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas verticais provenientes do levantamento aerofotogramétrico realizado por todo o Estado do Paraná. As características referentes a essas fotografias encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - CARACTERÍSTICAS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PANCROMÁTICAS ANALISADAS.

Empresa executora do aerolevanteamento	ESTEIO S/A
Escala aproximada	1:25.000
Distância focal	152,42 mm
Data do levantamento	25 e 26/04/1980
Área coberta por fotografia	3.306,25 ha
Recobrimento médio	60 % longitudinal 30% lateral

Obs: As fotografias aéreas pancromáticas foram adquiridas junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Figura 3 - CLASSES DE DECLIVIDADE GERADO NO SGI.



4.1.3 IMAGENS ORBITAIS

Além das fotografias aéreas, foram utilizadas imagens orbitais digitais obtidas através dos sensores TM e HRV dos satélites LANDSAT-5 e SPOT, respectivamente. As imagens digitais, em fitas streamer, foram adquiridas junto INPE, cujas características encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS ORBITAIS UTILIZADAS.

PRODUTO	ÓRBITA*	PONTO (WSR) *	BANDAS	DATA DA PASSAGEM	RESOLUÇÃO (m)
TM - LANDSAT	223	76 - D	3 4 5 7	13/06/1991	30
HRV - SPOT	705	397	SX1 SX 2 SX 3	23/08/1988	20

* Para as cenas SPOT, o sistema de referenciamento da grade Spot (GRP) - INPE é designado K (órbita) / J (ponto).

4.1.4 ESTEREOSCÓPIOS

Para a obtenção da visão estereoscópica dos pares, foram utilizados estereoscópios de bolso marca Vasconcelos e de espelho marca Wild, modelo ST-4, com aumento ocular de três vezes.

4.1.5 SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.

Para a manipulação das imagens orbitais no formato digital, fez-se necessário a utilização de uma estação de trabalho formada pelos seguintes equipamentos:

- microcomputador PC-AT 486, clock de 33 megahertz, com 16 megabites de memória RAM e Winchester com 250 megabites de capacidade armazenadora.
- unidade de leitura de fita magnética (streamer).
- monitor colorido padrão SVGA 19 polegadas marca VIDEOTEK.
- mesa digitalizadora marca DIGIGRAF, modelo Van Gogh tamanho A1.
- impressora matricial 32 colunas marca NEC.
- ploter de penas marca DIGICON modelo TDD 21 RMP.
- processador gráfico TMS 34010 40/60 Mhz, com 3 planos de imagens com 1024x1024x8 bits cada e um plano gráfico com 1024x1024 pontos com 4 bits e memória de trabalho de 2 megabytes, produzido pela ENGESPAÇO INDÚSTRIA e COMÉRCIO LTDA.

4.1.6 SOFTWARES

4.1.6.1 Sistema de Informação Geográfica

Com o objetivo de se obter e manipular um banco de dados geo-referenciado, a utilização de um sistema de informações geográficas tornou-se necessária, uma vez que tais sistemas, adequados e corretamente utilizados, tornam-se poderosas ferramentas que permitem a integração entre dados obtidos de diferentes fontes (imagens orbitais, mapas planialtimétricos, mapas geológicos, etc.) (ASSUNÇÃO et al., 1990).

Para execução dos trabalhos foi utilizado o software Sistema Geográfico de Informações - SGI desenvolvido pelo INPE. Segundo ERTHAL et al. (1988), o SGI é um sistema de baixo custo, cuja concepção foi definida para computadores pessoais de médio porte com 16 bits.

4.1.6.2 Sistema de Tratamento de Imagens

São softwares que uma vez instalados em um sistema computacional, permitem a manipulação das imagens digitais. Foi utilizado para a realização deste trabalho o Sistema Interativo de Tratamento de Imagens Multiespectrais (SITIM), desenvolvido pelo INPE.

4.1.6.3 Software Estatístico e de Análise Multivariada

Afim de manipular estatisticamente dados coletados durante o trabalho, dois softwares foram utilizados: CHADOC/VS desenvolvido pelo Departament Informatique de l' IUT de Nice (1986), para análises e cálculos estatísticos paramétricos e o CLUSTER desenvolvido pelo Núcleo Tecnológico para Informática Agropecuária - NTIA/EMBRAPA para a análise multivariada.

4.1.6.4 Banco de dados

Como software para gerenciamento dos dados de forma relacional, foi utilizado o dBASE III PLUS desenvolvido pela Ashton_Tate Corp. (EDWARD, 1987).

4.1.6.5 Softwares Específicos

Softwares específicos em linguagem C foram desenvolvidos no ano de 1993 para geração da grade regular e para transformação dos dados oriundos do SGI a respeito da declividade dentro de cada célula para banco de dados dBASE (NANNI, 1993a; NANNI, 1993b).

4.2 MATERIAIS DE CAMPO

As coletas de amostras de solo, características pontuais de amostragem bem como das análises das características de paisagem foram adquiridas utilizando-se vários equipamentos e materiais com a finalidade de levantamento do meio físico, sendo:

- a) Trado tipo holandês;
- b) cadernetas e material necessário para anotações, registros de amostras e sua identificação;
- c) altímetro, clinômetro e bússola;
- d) martelo pedológico, faca, enxadão e trena;
- e) sacos plásticos para coleta de amostras;
- f) carta de cores Munsell;
- g) pedocomparador;
- h) microgravador manual para registro das informações acerca do local de observação e/ou amostragem;
- i) câmara fotográfica;
- j) reagentes como ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio;
- k) ímã e lupa de aumento 10x;
- l) estereoscópio de bolso.

5 METODOLOGIA

Este tópico engloba os métodos de escritório para definição das unidades fisiográficas e confecção dos mapas base e de solos, métodos de laboratório para análise de solos e métodos de campo, para coleta de amostras de solo, observação e descrição dos solos e paisagem.

Para maior entendimento, serão apresentados vários diagramas de blocos com a disposição dos passos executados durante o trabalho.

5.1 MÉTODOS DE ESCRITÓRIO

Nesta primeira fase foram definidas as unidades fisiográficas, concebidas pela associação de duas metodologias. A primeira, baseia-se na interpretação visual de imagens digitais seguindo recomendações demonstradas em VALERIO FILHO et al., (1981); DONZELI et al. (1983) e VETORAZZI (1988). A segunda baseia-se na construção de pictogramas obtidos através de análise multivariada, que serviram como "guia", sobre as imagens digitais previamente registradas e convenientemente tratadas, auxiliando os trabalhos de interpretação das imagens, possibilitando a definição das unidades fisiográficas com maior acuidade e menor subjetividade, como demonstrado por ROCHA (1993).

O diagrama de blocos da Figura 4 apresenta, resumidamente, o processo metodológico para obtenção das unidades fisiográficas que serão utilizadas para a

execução do mapeamento de solos. Como uma das partes fundamentais deste processo encerra-se na obtenção de "guias", derivados dos pictogramas, será explicado passo a passo a sua concepção, iniciando-se pela fotointerpretação das fotografias aéreas verticais.

5.1.1 Interpretação das Fotografias Aéreas Pancromáticas.

Com o objetivo de identificar os elementos da rede de drenagem superficial, foi realizada a interpretação das fotografias aéreas pancromáticas, com auxílio da visão estereoscópica.

A primeira etapa da fotointerpretação foi a de, segundo metodologia descrito por RABBEN (1960), delimitar a área útil ou efetiva de cada fotografia. Utilizou-se então, de acordo com as orientações de ANDERSON (1982), overlays produzidos com folhas de acetato transparente com 0.10 milímetros de espessura.

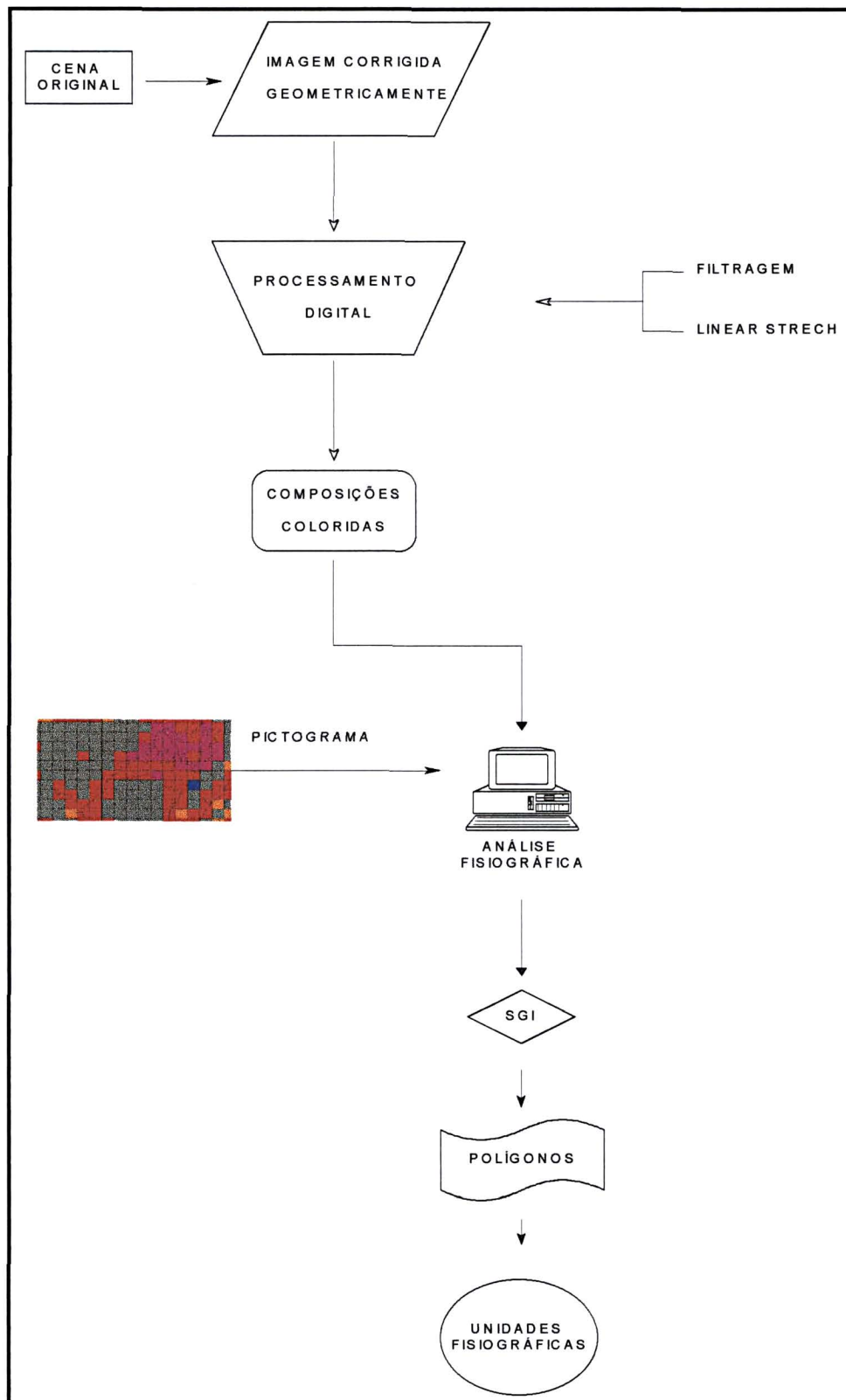
Após exame estereoscópico, traçou-se sobre os overlays todos os canais bem definidos, tanto perenes como temporários desde que fizessem parte do sistema funcional de drenagem, conforme orientações de LUEDER (1959), STRAHLER (1957) e RAY (1963).

Além da rede de drenagem, edificações e estradas também foram decalcadas. Esses elementos foram úteis para melhor sobreposição entre eles e o mapa de drenagem obtido pela digitalização e plotagem da carta planialtimétrica.

5.1.2 Definição da Escala Média das Fotografias Aéreas Verticais

Com o objetivo de cruzamento entre um mapa base de drenagem obtido pela digitalização da rede de drenagem das cartas planialtimétricas e os overlays, uma escala média das fotografias foi definida conforme orientações de RICCI e PETRI (1965). O valor médio encontrado para o conjunto de fotografias aéreas utilizadas para o estudo foi de 1:25.369.

Figura 4 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO REALIZADO PARA OBTENÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS.



5.1.3 Digitalização dos Mapas Básicos

Nesta primeira fase de trabalhos, mapas temáticos básicos foram digitalizados em mesa, através do uso do SGI (ENGESPAÇO, 1989). Cada tema, como rede de drenagem, construções, carreadores e estradas, foram extraídos das folhas topográficas de Jussara e Ivatuba e então armazenados em diferentes Planos de Informação (PIs). O cruzamento e combinações de dados vetoriais e de varredura através do sistema permitiu então obter produtos derivados dos dados iniciais.

O mapa planialtimétrico específico para a área de estudos, na escala 1:25.000 e curvas de nível equidistantes em 5 metros, foi digitalizado através da mesa criando-se, através do SGI, um Modelo Numérico do Terreno (MNT).

5.1.4 Obtenção do Mapa de Drenagem Básico

Um resumo do processo de produção do mapa básico de drenagem é mostrado na Figura 5.

Através do cruzamento entre os planos de informações dos temas contidos nas folhas planialtimétricas de Jussara e Ivatuba, gerou-se no SGI um mapa de drenagem provisório, plotado em papel vegetal em escala igual à escala média das fotografias aéreas.

Os overlays das fotografias aéreas foram, com o auxílio de uma mesa de luz, adequadamente ajustados ao mapa provisório. Como pontos de controle, foram utilizadas as edificações e estradas contidas tanto nos overlays como no mapa plotado. A partir de então, todos os canais de drenagem fotointerpretados, que não apareciam no mapa provisório, foram decalcados, formando-se assim um mapa básico de drenagem. Este mapa foi então redigitalizado criando-se um novo plano de informação pelo SGI.

Este procedimento apresentou-se bastante eficiente pela facilidade e rapidez na inclusão de canais de drenagem (temporários ou não), que não compunham os mapas planialtimétricos das folhas de Jussara e Ivatuba. A precisão do posicionamento da rede de drenagem redefinida e redigitalizada foi constatada através de seu

cruzamento, no SGI, com as imagens orbitais HRV-SPOT registradas e apropriadamente tratadas.

5.1.5 Obtenção do Mapa de Declividade

Com a digitalização das curvas de nível do mapa planialtimétrico específico da área de estudos, foi possível gerar através do SGI um Modelo Digital de Elevação (FELGUEIRAS e ERTHAL, 1988).

Os intervalos das classes de relevo gerados pelo SGI, seguiram aqueles preconizados pela EMBRAPA (1984) e se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 - INTERVALOS DE DECLIVIDADE E CLASSES DE RELEVO PRECONIZADOS PELA EMBRAPA (1984).

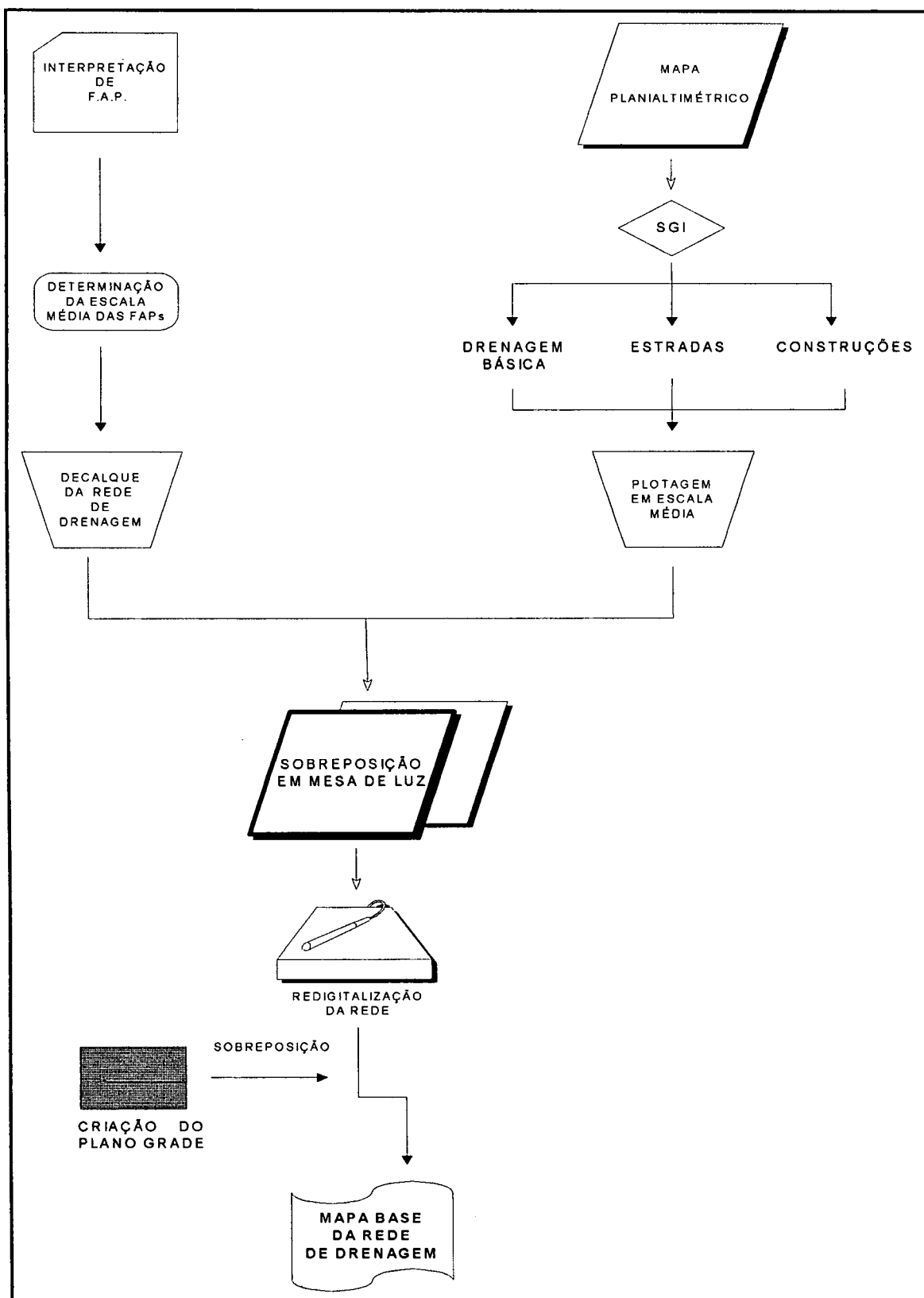
CLASSE DE RELEVO	INTERVALO DE DECLIVIDADE (%)
Plano	0 - 3
Suave Ondulado	3 - 8
Ondulado	8 - 20
Forte Ondulado	20 - 45
Montanhoso	45 - 75
Escarpado	> 75

5.1.6 Processamento das Imagens Digitais

5.1.6.1 Registro das Imagens

Uma imagem pode sofrer vários tipos de degradação. Esta degradação implica na perda de qualidade visual como ruídos e desfocalização. O processamento espacial das imagens pode, além de minimizar tais degradações, oferecer meios de ressaltar certos aspectos de interesse de uma imagem (JENSEN, 1986 e KIRCHNER et al., 1988).

Figura 5 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MAPA BASE DE DRENAGEM.



A manipulação geométrica das imagens digitais se faz necessária uma vez que, as imagens processadas pelo INPE, somente possuem as correções geométricas, relacionadas ao movimento de varredura do espelho do sistema sensor TM do LANDSAT 5, e a correção do efeito provocado pela rotação da Terra "Earth Skew" (ARAUJO, 1986). O mesmo autor comenta ainda que, as correções devidas às variações de atitude, altitude e velocidade do satélite ao longo da cena, e a correção devido à esfericidade da Terra não são efetuadas, o mesmo ocorrendo com imagens digitais obtidas pelo satélite SPOT (SILVA et al., 1988).

Segundo KIRCHNER et al. (1988), a mudança de propriedades geométricas de uma imagem digital como, por exemplo, seu sistema de coordenadas espaciais, se faz necessário, para corrigir erros de posição sistemáticos do pixel ou realizar registros imagem - imagem ou imagem - mapa.

Neste trabalho, a correção geométrica se fez através de registro tipo mapa-imagem, com apoio na carta planialtimétrica de Jussara e Ivatuba em escala 1:50.000.

De acordo com SANTOS (1988), um requisito básico para a determinação de parâmetros matemáticos para a realização de transformações entre sistemas está na boa definição de pontos de apoio na imagem e na carta topográfica. A precisão dos parâmetros a serem determinados está diretamente ligada à quantidade e distribuição dos pontos de imagem (ARAÚJO, 1986).

Para MITISHITA et al. (1988), os pontos de apoio escolhidos na carta planialtimétrica devem ser elementos perfeitamente identificáveis, tanto na imagem como no mapa. Por exemplo: cruzamentos ou bifurcações de estradas, confluência de rios, extremidades de construções, etc.

Foram escolhidos um total de vinte e dois pontos tanto na imagem SPOT como na LANDSAT, os quais, através do sistema SITIM 340, foram registradas seguindo especificações da ENGESPACO (1989).

Tentando manter o valor do pixel o mais semelhante possível ao seu valor original, o algoritmo utilizado para o registro foi o **vizinho mais próximo** uma vez que, os outros métodos usualmente utilizados, alteram mais sensivelmente o valor de cada pixel (JANSEN, 1986; KIRCHNER, et al., 1988 e CRÓSTA, 1992).

5.1.6.2 Tratamento Digital das Imagens

Foi utilizado inicialmente o realce linear de contraste ou "Linear Contrast Stretch" (JENSEN, 1986), para todas as bandas utilizadas. Este tratamento digital é necessário pois os sensores dos satélites foram concebidos para registrar as respostas de radiância dos alvos naturais em uma faixa de brilho sem saturação. Com isso, as informações contidas em uma certa cena, ficam registradas apenas numa pequena porção do intervalo dos níveis de cinza ou "brightness range" (PARADELA, 1980 e SABINS JR, 1987).

Outros tratamentos digitais como transformações RGB-IHS e IHS - RGB, componentes principais e filtragem foram realizados, mas apenas como complemento, auxiliando assim o processo fotointerpretativo das imagens.

Para as filtragens, foi utilizado o filtro isotrópico (MÁSCARA - 1), de peso 12 conforme sugerido por PARADELA e DUTRA (1980), cuja configuração é apresentada a seguir:

$$\begin{array}{ccccccc} 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ -2 & -2 & -2 & 28 & -2 & -2 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Segundo PARADELA e DUTRA (1980), a utilização de composições coloridas representa um valioso recurso para se obter ganho na quantidade de informações que possam ser mostradas em uma única cena sendo, portanto, um procedimento rotineiro no tratamento de imagens digitais.

Essas composições foram obtidas a partir da associação das cores azul (blue/B), verde (green/G) e vermelho (red/R), nos diferentes canais ou bandas do TM LANDSAT e HVR-SPOT. Neste sentido, as composições mais adequadas para este trabalho estão na Tabela 4.

Após o realce, as bandas e as composições coloridas foram codificadas e transferidas para o SGI (ENGESPAÇO, 1989), onde realizou-se cruzamentos deste plano de informação imagem com outros planos que serão descritos mais adiante.

Tabela 4 - CENAS MONTADAS A PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS DE DOIS SISTEMAS SENSORES.

SENSOR	BANDAS	CENAS MONTADAS
HRV - SPOT	XS3, XS2, XS1	2R 3G 1B 3R 1G 2B 1R 3G 1B
TM - LANDSAT	7, 5, 4, 3	3R 5G 7B 5R 4G 7B 4R 5G 3B 5R 4G 3B 4R 5G 7B 7R 5G 3B

Para interpretação visual e definição das unidades fisiográficas, foi utilizada uma imagem HRV - SPOT, bandas XS1, XS2, XS3. Tais bandas foram analisadas em separado ou formando composições coloridas. A composição colorida mais utilizada foi 2R, 3G, 1B.

5.1.7 Construção da Grade Regular para Obtenção dos Parâmetros a Serem Utilizados na Análise Multivariada.

Uma grade regular, construída através de programa desenvolvido em linguagem C, foi importada na forma ASCII para o SGI (ENGESPAÇO, 1989). Tal grade, composta por células com 0,09 km² (300x300 metros) de tamanho, equivale a uma área mínima mapeável do terreno (AMM), empregada em mapeamentos de solos com o nível de generalização cartográfica em semidetalhe (EMBRAPA, 1989). Uma vez transformada em um plano de informação, a grade foi cruzada com outros planos, como o mapa básico de drenagem e declividade, e também com as imagens digitais, obtendo-se em cada célula valores de diferentes variáveis. Os cruzamentos realizados são mostrados a seguir:

5.1.7.1 Cruzamento Grade x Mapa de Declividade

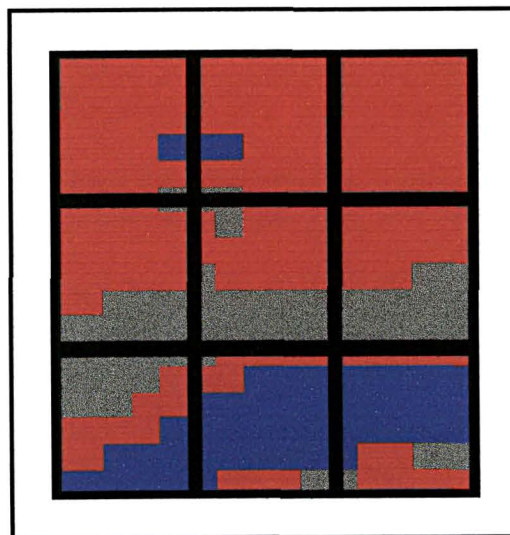
Para o caso do cruzamento entre a grade regular e o mapa de declividades gerado, houve a necessidade prévia de transformação vetor-varredura da grade

regular. A partir daí, o algoritmo CRUZAR do SGI possibilitou a formação de arquivos contendo informações a respeito das áreas de cada classe de relevo apresentadas dentro de cada célula, como mostra o exemplo da Figura 6.

As informações, contidas nos arquivos gerados pelo cruzamento entre os planos, foram convertidas através de programa em linguagem C para o banco de dados dBASE. O banco criado possibilitou, através de somatória, a determinação da área que cada classe de declividade apresentava na área de estudos.

Os valores contidos em cada célula podem representar uma ou mais classes de declividade ocupando diferentes porções de áreas das células. Por isso, uma ponderação como intuito de se definir um único valor, foi utilizada.

Figura 6 - CÉLULAS REPRESENTANDO O CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE INFORMAÇÃO GRADE E AS CLASSES DE RELEVO GERADAS PELO SGI.



Esta ponderação foi semelhante àquela utilizada por ROCHA (1993), onde a Declividade Ponderada Média (DECP) em cada célula foi obtida através da seguinte expressão:

$$DECP = \frac{(1,5\% \times A1 + 5,5\% \times A2 + 14\% \times A3 + 32,5\% \times A4)}{\sum A}$$

onde,

A1, A2, A3, A4 = área ocupada na célula relativa a cada classe de declividade. Os valores 1,5%, 5,5%, 14% 32,5% expressam a média dos intervalos das quatro primeiras classes de declividades preconizada pela EMBRAPA (1984).

5.1.7.2 Cruzamento Grade x Imagens TM-LANDSAT

Para a obtenção dos valores dos níveis de cinza, a grade regular foi cruzada com as bandas 3, 4, 5 e 7 do TM - LANDSAT. A escolha destas bandas e sensor deve-se primeiramente pelas mesmas já terem sido largamente utilizadas por diferentes autores na pesquisa pedológica (VALÉRIO FILHO et al., 1976; DONZELI et al., 1983; SANTOS et al., 1988(a); e ROCHA, 1993). Um segundo argumento, separado do primeiro, refere-se à resolução espacial de 30 x 30 metros da imagem. A área abordada dentro de cada célula apresenta-se maior, quando comparada com a imagem SPOT, uma vez que o algoritmo "leitura de pixel" do SITIM, possui a capacidade de leitura de 5 x 5 pixels, em 3 canais ou bandas. Portanto, a área correspondente a 25 pixels da imagem TM equivale a uma área de 22.500 metros quadrados (25% da área da célula), ou 10.000 metros quadrados (11,11%) no caso da imagem SPOT.

Uma vez o plano grade do SGI ter sido transportado para o plano imagem do SITIM (prancha 3), o cursor de tela foi deslocado para cada centro de célula e, através de programa desenvolvido em linguagem C, os valores de níveis de cinza foram armazenados em arquivos de disco, que posteriormente foram transportados para o banco de dados dBASE. Para cada célula, foi definido o valor médio dos níveis de cinza para cada banda a que continha, sendo este valor utilizado como uma variável.

Há de se ressaltar que, os valores obtidos em cada célula definem características georeferenciadas ou seja, estando a imagem registrada, a área de coleta dos dados referentes a ela corresponde à mesma área de coleta de dados sobre o mapa de declividades e o mapa de drenagem básica.

Prancha 3 - IMAGEM TM-LANDSAT COM SOBREPOSIÇÃO DA GRADE REGULAR PARA OBTENÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA PARA CADA CÉLULA.



5.1.7.3 Obtenção dos Parâmetros da Rede de Drenagem

A abordagem dos já consagrados parâmetros quantitativos da análise da rede de drenagem para caracterização de diferentes unidades de solos, como densidade e freqüência de drenagem e a razão textura tem sido, afortunadamente, utilizados por um grande número de autores em diferentes trabalhos como constatado

em FRANÇA (1968); SOUZA (1975); ESPÍNDOLA e GARCIA (1978); VALÉRIO FILHO (1984); VETORAZZI (1988); BARROS (1988); CARVALHO et al. (1990) e ROCHA (1993).

No presente estudo, esses parâmetros não foram utilizados, ainda que as variáveis de drenagem refiram-se às mesmas considerações quantitativas. As células da grade regular aqui utilizadas como área amostral, representam como pequenas bacias e os canais de drenagem presentes na área possuem, em uma abordagem local, valores quantitativos (tamanho, número e ordem).

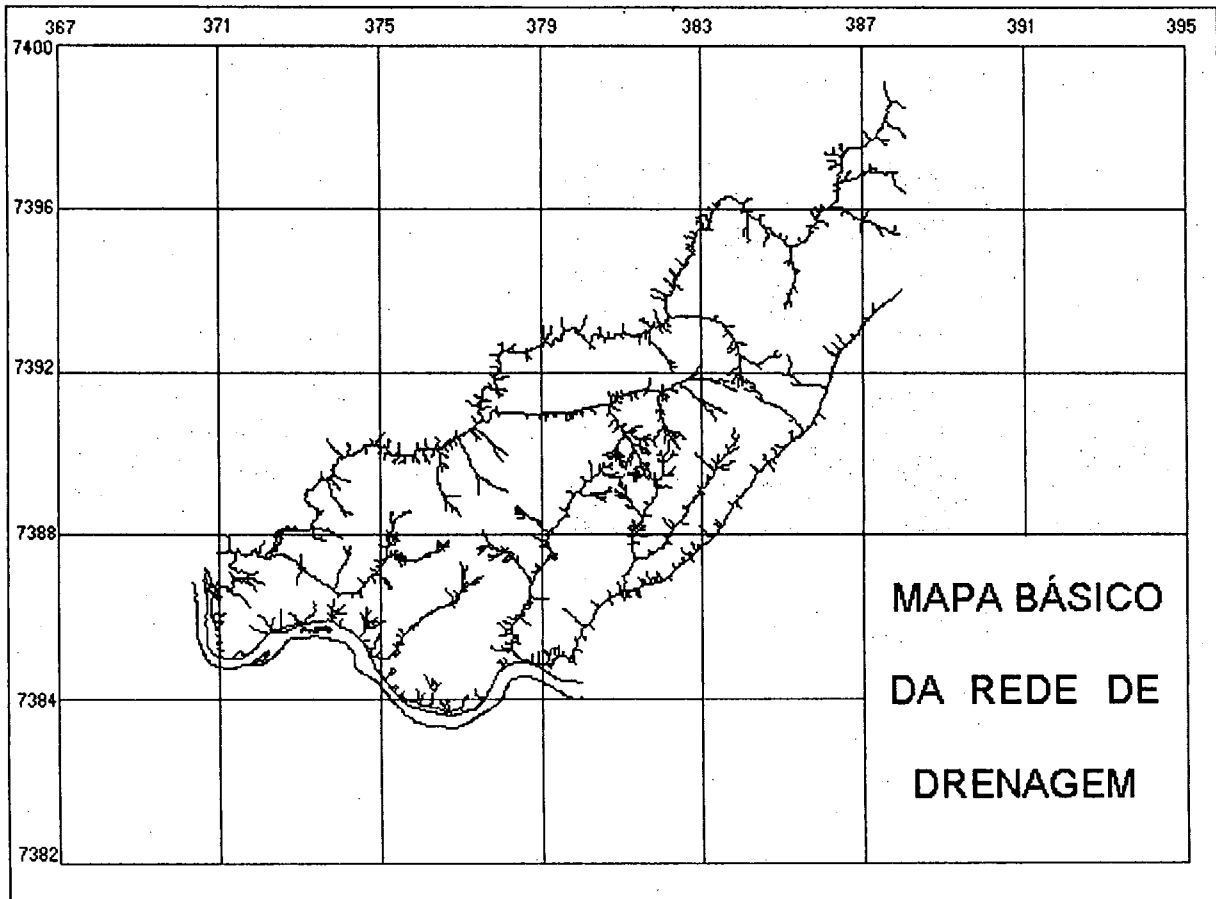
Dentro deste aspecto, os valores encontrados em cada célula amostral tornam-se por assim dizer, indivíduos de uma variável que se fossem agrupados em número suficiente para formar uma área de 10 km² poderiam ser comparados com valores disponíveis em literatura, tornando-se então índices cujas concepções originais de densidade e frequência de drenagem se equivalem.

Os parâmetros detiveram-se na análise do número de canais, seu comprimento relativo (longo, médio e curto), e sua respectiva ordem dentro de cada célula de uma grade regular cujo tamanho é compatível com uma AMM do terreno na escala definida para levantamentos semidetalhados.

Um mapa básico de drenagem (Figura 7) foi plotado, contendo sobre o mesmo uma grade regular idêntica à utilizada para a extração dos valores de níveis de cinza e declividade.

Sobre o mapa de drenagem, fez-se a notação das ordens dos canais, segundo proposição de HORTON (1945) que considera canais tributários que não se ramificam como de 1^a ordem. A união de dois canais de 1^a ordem forma um de 2^a, e assim por diante. Utilizou-se 3 classes de comprimento de canal (longo, médio, curto) por acreditar que, cada canal de drenagem de diferentes ordens, deva possuir influência diferenciada em cada célula ocupada (p.e. um canal de 1^a ordem curto tem diferente influência sobre a célula quando comparado a um canal de 1^a ordem longo). Para a definição dos comprimentos relativos à classe de tamanho, um conjunto de células (cerca de 16% do total), que apresentavam canais, foram escolhidas ao acaso (amostra piloto).

Figura 7 - MAPA DA REDE DE DRENAGEM



Este percentual foi aleatoriamente definido, uma vez que não haviam elementos que pudessem discriminar o tamanho da amostra que fosse representativo para toda área. A análise do coeficiente de variação (C.V.) de diferentes partições do conjunto de células utilizadas como amostragem foram elevados (Tabela 5), mas próximos uns dos outros o que garante a quantidade escolhida como satisfatória para representar a população de células.

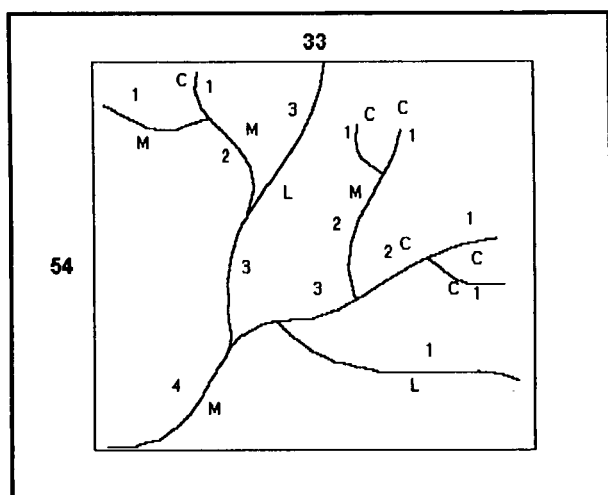
Os comprimentos de cada canal de diferentes ordens que ocupavam as células sorteadas foram registrados em arquivos listados pelo aplicativo "listar linhas PI" do SGI (ENGESPAÇO, 1989) e convertidos para o dBASE através de programa desenvolvido em linguagem C. O banco de dados criado foi convertido em fichário CHADOC/VS e então classificado pelo método das médias dinâmicas sequenciais com minimização do critério de inércia inter-classes (DIIN, 1986).

Tabela 5 - C.V. PARA QUATRO PARTIÇÕES DO CONJUNTO DE CÉLULAS UTILIZADAS COMO AMOSTRA REPRESENTATIVA DA POPULAÇÃO.

CONJUNTO	Nº DE CÉLULAS UTILIZADAS	C.V.(%)
1	184	48,72
2	60	49,61
3	60	53,85
4	60	47,53

Para representar cada classe de tamanho, o tamanho médio foi escolhido e a partir dele foi confeccionado um gabarito em escala comparável com a do mapa de drenagem plotado, para contagem dos canais em cada célula de acordo com o seu comprimento e respectiva ordem. Os valores de cada célula alimentaram um banco de dados conforme o modelo hipotético da Figura 8.

Figura 8 - MODELO DE UMA CÉLULA CONTENDO CANAIS DE DRENAGEM DE DIFERENTES COMPRIMENTOS E ORDENS E TABELA FORMADA PELA CONTAGEM DOS MESMOS.



C = canais curtos

M = canais médios

L = canais longos

1 = canais de 1ª ordem

2 = canais de 2ª ordem

3 = canais de 3ª ordem

4 = canais de 4ª ordem

33-54 posição da célula na grade regular

CÉLULA	1			2			3			4		
	L	M	C	L	M	C	L	M	C	L	M	C
33 - 54	1	1	5	0	2	1	1	1	0	0	1	0

5.1.8 Análise Estatística Multivariada

Com o objetivo de se definir grupos homogêneos através da união de células em função dos seus valores quantitativos, foi utilizada a Análise de Agrupamentos ou "Cluster Analysis".

A análise de agrupamentos consiste numa variedade de técnicas e algoritmos cujo objetivo é o de separar unidades ou indivíduos em grupos semelhantes (BUSSAB et al., 1990).

Segundo CURI (1983b), cada indivíduo pertencente a uma amostra multivariada pode ser considerado como **um ponto dentro de um Espaço Euclidiano Multidimensional**, quando são realizadas em uma unidade, diversas medidas.

Os elementos obtidos da análise da rede de drenagem, declividade ponderada e valores de níveis de cinza, para cada célula, foram tabulados e organizados em um banco de dados dBASE, em forma de uma matriz (Tabela 6), indicada pela expressão $X = (X_{ij})$ cujas dimensões são $n \times p$, onde n indica os indivíduos e p as variáveis.

A matriz organizada apresentou 1167 indivíduos (células) registrados em 27 variáveis (canais longos, médios e curtos de cada ordem, declividade ponderada e canais 3,4,5 e 7 do TM-LANDSAT).

Tabela 6 - PARTE DA MATRIZ DE DADOS UTILIZADA NA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS.

CÉLULA	1 L	1 M	1 C	2 L	2 M	2 C	3 L	3 M	3 C	B7	B5	B4	B3	DECP (%)
04 - 70	0	0	1	1	0	0	1	0	0	15	35	49	26	12.478
04 - 71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07	27	34	14	11.500
05 - 70	0	1	1	0	0	0	0	0	0	14	69	25	28	12.616
05 - 71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	24	36	22	11.865
06 - 70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	40	34	27	7.304

Para que os valores originais fossem transformados em valores adimensionais, foi realizada a padronização ou estandarização dos mesmos, com aplicação de uma função de padronização. Isto se faz necessário uma vez que ocorre diferenciação entre as unidades dimensionadoras, que poderiam na sua forma original causar efeitos arbitrários que poderiam afetar a análise. Com a estandarização a média é reduzida a zero e o desvio padrão torna-se unitário.

A maneira mais comum de padronização dos dados originais, e pouco afetada pela padronização dos indivíduos, é a subtração dos atributos de sua média e dividi-los pelo seu desvio padrão, transformando X_{ij} em Z_{ij} (CURI, 1983a; BUSSAB, et al., 1990; VETORAZZI, 1988), ou seja:

$$Z_i = \frac{X_{ij} - x_i}{S_i} \quad \text{onde,}$$

Z_i = valor do indivíduo padronizado da variável;

X_i = valor original bruto da variável;

x_i = valor da média dos indivíduos da variável;

S_i = desvio padrão da variável.

Como coeficiente de semelhança ou parecença, foi utilizado a Distância Euclidiana Média (DEM), onde a soma das diferenças entre valores ao quadrado é dividido pelo número de coordenadas envolvidas, isto é:

$$d(A,B) = \left[\sum_{i=1}^p ((x_i(A) - x_i(B))^2/p) \right]^{1/2}$$

onde:

$d(A,B)$ = distância euclidiana média entre as células A e B,

P = número de parâmetros (variáveis),

$x_i(A)$ = valor do parâmetro i para a célula A,

$x_i(B)$ = valor do parâmetro i para célula B

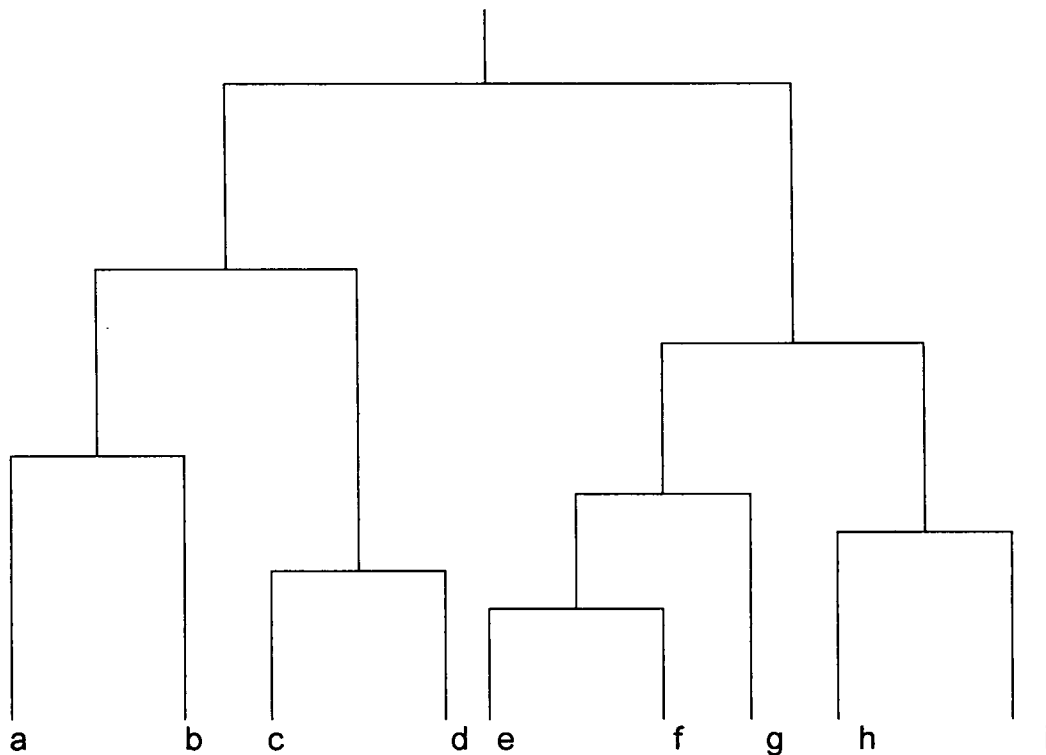
O método escolhido para o agrupamento foi o "Average Linkage". A utilização deste método se deve pela possibilidade de construção de grupos hierárquicos e

aglomerativos, onde através de fusões sucessivas dos n objetos, vão sendo obtidos $n-1$, $n-2, \dots$, grupos, até que todos os objetos sejam reunidos num único grupo.

A execução deste método de agrupamento possibilita então a formação de fenogramas ou dendrogramas (árvores hierárquicas de classificação), o que visualmente facilita grandemente a verificação da parença entre os grupos de elementos analisados (Figura 9).

Para execução da análise de agrupamentos, o arquivo contendo a matriz de dados armazenados em dBASE foram transportados para o programa CLUSTER onde realizou-se a padronização dos dados, agrupamento, construção e impressão do dendrograma. Por restrições do software, a área de estudos teve que ser dividida em oito parcelas, com aproximadamente 145 células cada, e seus dendrogramas analisados de forma a discriminar os grupos de células.

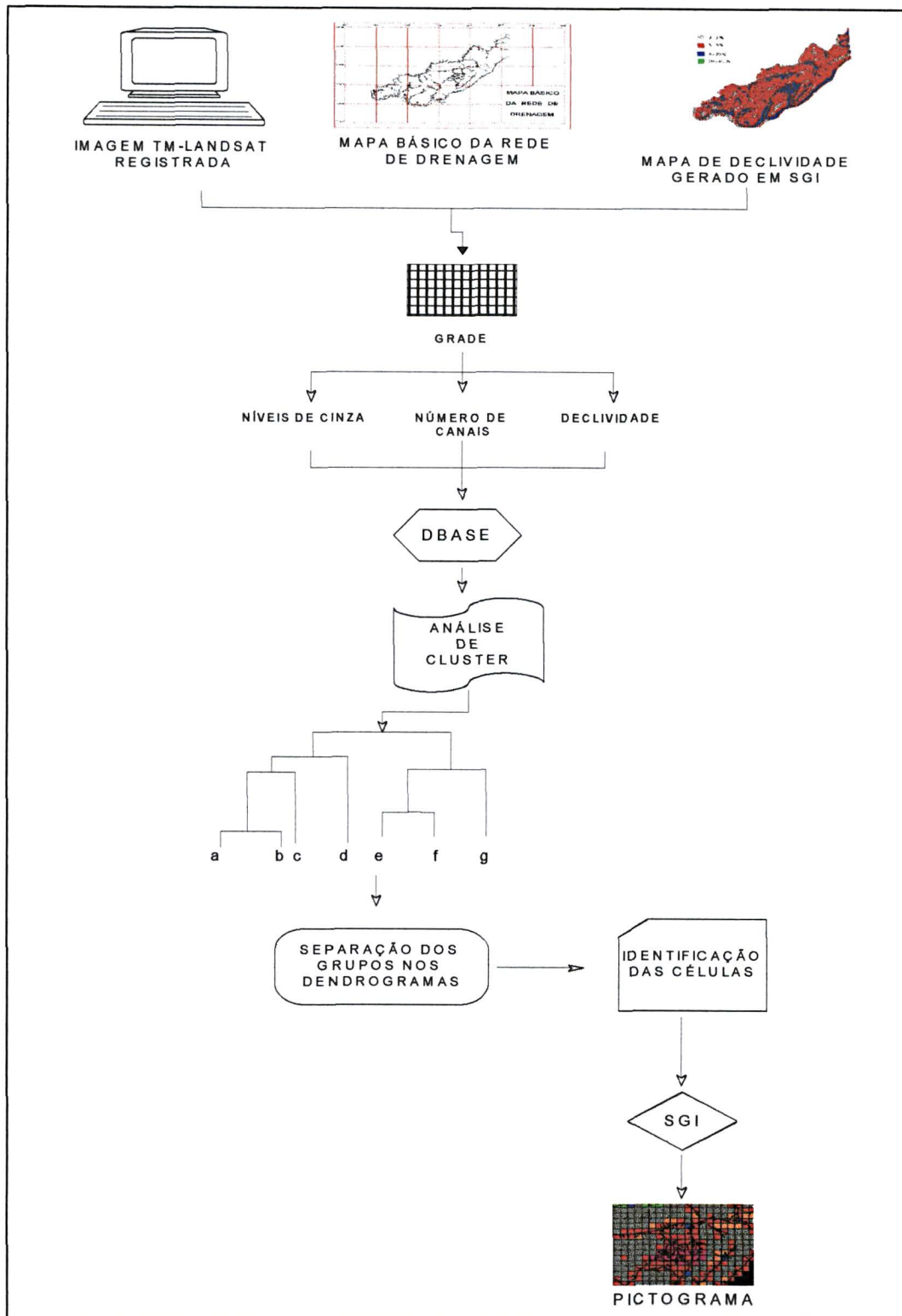
Figura 9 - DESENHO HIPOTÉTICO DE UM DENDROGRAMA.



5.1.9 Produção dos Pictogramas

Um resumo do processo de obtenção dos pictogramas utilizados como guias sobre as imagens digitais é apresentado no diagrama de blocos da Figura 10.

Figura 10 - DIAGRAMA DE BLOCOS REPRESENTANDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PICTOGRAMAS.



Os conjuntos de células, formados pela separação visual dos fenogramas, foram identificadas no SGI e armazenadas em diferentes planos de informação, registrando em cada conjunto, uma classe diferente. Quando todos os Pis foram sobrepostos montou-se então o pictograma.

5.1.10 Interpretação das Imagens Digitais

Os Pis foram cruzados um a um com as composições coloridas e auxiliares, da imagem HRV - SPOT. A cada cruzamento, através da análise fisiográfica, segundo os critérios estabelecidos e preconizados por BURING (1960) e posteriormente desenvolvidos por Butler, Goosen e Vink (GOOSEN, 1968), como aqueles adaptados por DONZELI et al. (1983), para imagens MSS/RBV - LANDSAT e mosaicos de radar, relacionou-se os processos dinâmicos da paisagem com os solos ali existentes.

Através deste relacionamento solo-paisagem e com o auxílio dos planos de informação guias, executou-se assim a delimitação de unidades de paisagem sobre a imagem através de traçado realizado com o mouse da mesa digitalizadora. As unidades fisiográficas correspondem portanto à análise visual das imagens orbitais e sua interpretação via monitor mais o agrupamento de células que estavam sobrepostas as imagens, servindo portanto como "guias" para definição dos limites e polígonos que contenham as unidades fisiográficas traçadas.

Visando a concepção de polígonos bem definidos, imagens auxiliares da composição colorida foram utilizadas. A cada cruzamento obtido entre as células e novas composições os limites, quando necessário, eram corrigidos afim de se obter um produto final com elevado grau de precisão de interpretação.

Para se obter maior realce da dissecação do relevo, a cada imagem mostrada no monitor, foi adicionada a rede de drenagem, facilitando o processo fotointerpretativo.

Com a delimitação de todos os polígonos que continham as unidades fisiográficas, um mapa foi plotado em escala 1:25.000, acrescido da rede de drenagem e estrutura viária do Município, para dar continuidade aos trabalhos realizados a campo.

5.2 MÉTODOS DE CAMPO

Com o mapa base contendo os polígonos traçados pela análise fisiográfica passou-se a uma nova etapa do trabalho.

No desenvolvimento dos trabalhos de campo foi empregada metodologia usualmente utilizada em mapeamentos de solos. Para a produção de um roteiro a ser seguido no campo, um percurso por todo o Município de Ivatuba foi realizado, para se ter um primeiro contato com a morfologia da área. O roteiro foi então elaborado com o intuito de se atravessar todas as unidades, procurando em cada uma delas efetuar transeptos que cobrissem toda a extensão das vertentes.

Com o roteiro estabelecido iniciaram-se então a fase sistemática das prospecções e observação das características morfológicas dos solos em diversas superfícies geomórficas com o intuito de elaborar uma legenda preliminar, a qual foi sendo modificada ao longo dos trabalhos. As observações foram realizadas seguindo-se os transeptos delineados, analisando-se os perfis previamente preparados sejam de trincheiras ou barrancos ou coletando-se amostras via tradagens nos pontos selecionados. As descrições morfológicas dos perfis seguiram os critérios estabelecidos por LEMOS e SANTOS (1984).

Deve-se ressaltar que, seguindo orientações de OLIVEIRA et al., (1982), no deslocamento de um ponto de observação e/ou amostragem para outro, características gerais da paisagem foram observadas, particularmente dos barrancos nos leitos de estradas, assinalando no mapa base e fotos aéreas através de simbologia apropriada, a continuidade ou não da unidade em relação aos pontos anteriormente observados. Essas indicações em muito facilitaram o estabelecimento da cartografia definitiva.

De acordo com a classe de solo, as amostragens foram realizadas conforme a seguir:

- para o horizonte de superfície - 0 -20 cm;
- para o horizonte de subsuperfície as amostragens foram:
 - 100 - 120 cm quando o solum apresentava mais de 200 cm,
 - 60 - 80 cm quando o solum apresentava de 80 a 200 cm.
 - 20 - 40 cm quando o solum apresentava menos de 80 cm.

Foram observados 100 pontos, dos quais 96 coletou-se material em duas camadas de solo num total de 196 amostras, que devidamente identificadas por códigos numéricos foram encaminhadas para posterior análise laboratorial. Com isso, obteve-se, uma densidade de 1,07 pontos/km².

Para auxílio da diferenciação dos solos a campo, foram também coletadas amostras dos horizontes superficiais e subsuperficiais em pedocomparadores, para correlação das características de diferentes amostragens, em especial a cor e estrutura natural.

5.3 MÉTODOS DE LABORATÓRIO

Todos os métodos de preparo, tratamento e análise das amostras enviadas à laboratório foram realizadas conforme metodologia usual preconizada pela EMBRAPA (1979), para levantamentos de solos que será descrito a seguir.

Preparo das amostras

As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura constante de 40 °C, destorroadas e passadas em peneira de 2mm. Na fração maior que 2 mm, procedeu-se a separação de cascalhos e calhaus. Na fração menor que 2mm (T.F.S.A.), foram efetuadas as determinações físicas e químicas.

Cascalho e Calhaus - após intensa homogeneização, uma fração de 100g de solo foi retirada da amostra trazida do campo e passada na peneira 2mm. A fração retida foi então lavada em água corrente, seca em estufa a 105 °C por 24 horas, novamente pesada e definida a percentagem por peso, segundo a expressão:

$$\% \text{ cascalho} = 100 - (\text{peso cascalho seco})$$

Determinação do Fator "f".

Com a finalidade de representação uniforme dos resultados das análises, o fator de umidade residual foi determinado segundo a seguinte expressão:

$$f = \frac{\text{peso inicial de uma amostra de solo}}{\text{peso da amostra após estufa } 105 \text{ } ^\circ\text{C } 24\text{h}}$$

5.3.1 Análises Físicas

a) Análise Granulométrica :

Seguiu-se para esta análise o método da pipeta, utilizando-se hexametáfosfato de cálcio (solução calgon) como agente dispersante. Para as amostras advindas de horizontes com elevados teores de matéria orgânica (mais de 5%), foi utilizado peróxido de hidrogênio para eliminação da mesma. A agitação das amostras foi realizada em agitador horizontal pelo tempo de 5 horas, separando-se as frações por tamização, sedimentação e pipetagem.

b) Classificação textural :

Após a determinação das frações granulométricas a classificação foi determinada segundo o triângulo de classificação adotado pelo SNLCS/EMBRAPA (1988).

c) Densidade do solo (Ds) :

Através de medição pelo método do anel volumétrico e/ou do torrão (parafina), dependendo das condições estruturais do solo coletado. A densidade do solo foi determinada apenas para os perfis abertos em trincheiras ou barrancos, já que nas tradagens, a coleta de subsuperfície se torna inviável.

d) Densidade de partículas (Dp) :

O método empregado foi o do balão volumétrico com utilização do álcool etílico.

e) Porosidade total do solo :

A porosidade total foi determinada através da seguinte expressão:

$$Pt (\%) = [(Dp - Ds) / Dp] \times 100$$

5.3.2. Análises Químicas

a) pH em água e em KCl 1 N :

Foram determinados através de medição por eletrodo de vidro em solução com proporção solo-liquido de 1: 2,5 após agitação não inferior a meia hora.

b) Delta pH:

Calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta\text{pH} = (\text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O})$$

c) Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ trocáveis :

Determinados através de titulometria com EDTA, em solução pipetada após extração com KCl 1N.

d) K⁺ e Na⁺ trocáveis :

Determinados em alíquota de solução após extração com HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N e leitura em fotômetro de chama.

e) Soma de Bases :

Foi obtida pela seguinte expressão:

$$S = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{k}^+$$

f) Alumínio trocável Al⁺⁺⁺:

Extração com KCl 1N e acidez titulada com NaOH 0,025 N e eriocromo como indicador.

g) Hidrogênio + Alumínio trocáveis (H⁺ + Al⁺⁺⁺):

Extraídos de alíquota de solução obtida pela agitação de 5 g de solo com Ca(OAC)₂ 1 N pH 7,0 e acidez titulada com NaOH 0,0606 N e fenolftaleína como indicador.

h) Capacidade de troca catiônica (CTC) :

Calculada segundo a seguinte expressão:

$$T = S + H^+ + Al^{+++}$$

l) Porcentagem de Saturação de Bases (V) :

Calculada pela seguinte expressão:

$$V (\%) = 100 \times S / CTC$$

j) Porcentagem de Saturação por Alumínio :

Calculada pela seguinte expressão:

$$A (\%) = [Al^{+++} / (Al^{+++} + S)] \times 100$$

k) Fósforo Assimilável :

Extração com HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N e determinado pelo método de colorimetria pela redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

l) Carbono Orgânico (C) :

Determinação por titulação com FeSO₄ 0,1 N em alíquota de solução obtida através da oxidação da matéria orgânica com K₂Cr₂O₇ 0,4 N em meio ácido e fervura branda.

m) Matéria Orgânica :

Valor em porcentagem de matéria orgânica foi calculada com a seguinte expressão:

$$M.O. = C \text{ orgânico } (\%) \times 1,724.$$

n) Atividade de argila (T):

Determinada pela seguinte expressão:

$$T (100 \% \text{ de argila}) = (T \text{ 100 g de solo}) - (4,5 \times \% C) \times 100 / \% \text{ argila)}$$

o) Fe₂O₃

Determinado em alíquota do filtrado da solução obtida pela digestão de terra fina por fervura sob refluxo com H₂SO₄ (d=1,47), utilizando-se ácido sulfosalicílico como indicador e titulação com EDTA.

5.3.3 Análise Mineralógica

Foi procedida a identificação qualitativa das espécies minerais das frações mais grosseiras da terra fina pelo método ótico, utilizando-se lupa binocular com aumento de 50 X. Não houve a determinação quantitativa das espécies, uma vez que o intuito da análise era o de comparar diferentes solos, correlacionando os pontos de amostragem através da mineralogia da fração areia.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Segundo OLIVEIRA et al. (1982), áreas que se apresentam aparentemente homogêneas em termos morfológicos podem conter sensíveis variações nas suas características analíticas. Muitas destas características são normalmente utilizadas como critério distintivo, no mais baixo nível categórico no sistema de classificação. O mesmo autor ainda comenta que, nessas áreas homogêneas torna-se imprescindível o aumento do número de observações, para que seja conferida precisão as unidades de solos. Para isto, neste trabalho foram coletadas o número mínimo de 7 amostras por unidade de solo, número este, segundo o autor, suficiente para a realização das análises, sem que haja influência marcante no erro padrão da média.

A fim de se ter idéia da variabilidade das características físicas e químicas das unidades, este trabalho apresenta em Tabelas os números de pontos amostrados, sua média, o valor máximo e mínimo, seu intervalo de confiança ao nível de 95%, e o coeficiente de variação, para as diferentes unidades mapeadas.

7 CONFECÇÃO DO MAPA DE SOLOS

Uma vez realizado todo o trabalho laboratorial e com os resultados analíticos em mãos, procedeu-se a confecção final do mapa de solos na escala 1:50.000 ao qual encontra-se em anexo.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A importância da utilização das fotografias aéreas no estudo dos solos tem sido observado e relatado por diversos autores (BURING, 1960; VINK, 1963; GOOSEN, 1967; WESTIN e FRAZEE, 1976; LARACH, 1981; PAINE, 1981; GARCIA, 1982). No presente estudo o uso destas não se prendeu ao fato de que tal recurso pudesse ser utilizado para a definição e delimitação de unidades ou padrões fisiográficos, uma vez que este procedimento foi realizado sobre as imagens orbitais através da interpretação visual no monitor colorido do sistema SITIM. As fotografias foram utilizadas basicamente para definir os traçados dos canais de drenagem superficial (permanentes ou temporários), estradas e construções.

8.1 ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM

A interpretação das fotografias aéreas da área de estudos possibilitou a observação e caracterização dos seguintes aspectos:

- O padrão de drenagem encontrado na área enquadra-se basicamente como subdendrítico-subparalelo, ocorrendo de forma variada pela região de estudos. Esta variação ocorre pela geomorfologia local. O padrão subdendrítico é observado principalmente nas áreas de relevo mais movimentado enquanto o subparalelo apresenta-se nas áreas de relevo colinoso.

- O rio Ivaí apresenta-se bem encaixado, formando um padrão basicamente retangular. Em pequenas porções do rio Taquaruçú ocorre um padrão meandrante, onde certos locais destes já sofrera modificações antrópicas.

- A maior ordem estabelecida pela rede de drenagem dentro do sistema hierárquico utilizado, foi a de sétima ordem, delegada ao rio Ivaí, o principal curso d' água na área.

Dentre as etapas descritas no processo metodológico, uma delas refere-se ao comprimento de canais que ocupam as células da grade regular sobreposta ao mapa base de rede de drenagem. As três classes de comprimento de canais obtidas encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - CLASSES DE CANAIS E SEUS RESPECTIVOS COMPRIMENTOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS MÉDIAS DINÂMICAS SEQUÊNCIAIS.

CLASSE DO CANAL	COMPRIMENTO (m)			Nº DE CANAIS POR CLASSE
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	
LONGO	243,02	312,40	493,99	115
MÉDIO	116,11	169,60	239,46	211
CURTO	9,19	62,70	114,64	304

Escolheu-se o valor médio de comprimento representativo de cada classe de canais para compor o intervalo entre as classes Longo, Médio e Curto.

O número total de canais existentes nas células, referentes às diferentes ordens e comprimentos estão registrados na Tabela 8.

A análise da tabela mostra que o maior número encontrado, no conjunto de células da grade regular definida para a área de estudos, refere-se aos canais de 1ª ordem (curtos e médios), seguidos pelos canais de 2ª ordem curtos, sendo os menores números referente aos canais de 7ª ordem curto, seguidos pelos canais de 5ª e 6ª ordens médios.

Tabela 8 - NÚMERO DE CANAIS LONGOS, MÉDIOS E CURTOS DE CADA ORDEM ENCONTRADOS NAS CÉLULAS DA GRADE REGULAR.

ORDEM DO CANAL	NÚMERO DE CANAIS		
	LONGO	MÉDIO	CURTO
1 ^a	84	312	664
2 ^a	73	81	106
3 ^a	63	24	25
4 ^a	46	19	23
5 ^a	22	06	10
6 ^a	62	12	15
7 ^a	9	16	04

8.2 ANÁLISE DO RELEVO

O mapa de classes de declividade gerado no SGI (Figura 3), através de um Modelo Digital de Elevação, mostra as condições de declividade da área de estudos variando de plano a forte ondulado, sendo que as porções de terreno dentro de cada classe são apresentados na Tabela 9. Esses valores são resultados da somatória de cada porção de cada classe apresentada no conjunto das células da grade regular.

Tabela 9 - ÁREA OCUPADA PELAS CLASSES DE DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO DE IVATUBA.

CLASSE DE DECLIVIDADE	ÁREA OCUPADA	
	m ²	%
PLANO	15.542.669	16,58
SUAVE ONDULADO	63.821.186	68,08
ONDULADO	14.125.908	15,01
FORTE ONDULADO	243.939	0,26

Através da análise da tabela acima, observa-se que a maior parte da área de estudos encontra-se relevo suave ondulado confirmando as observações já relatadas por EMBRAPA (1984), e BITTENCOURT (1980). As áreas ocupadas pelas classes relevo plano e ondulado se equivalem, e apenas um pequeno percentual da área possui declividades acima de 20%.

As classes de declividade montanhosa e escarpada, não foram registradas na área pelo SGI e por isso não aparecem no mapa de declividade.

8.3 ANÁLISE DA REFLECTÂNCIA DAS IMAGENS

Como descrito pela metodologia, a coleta de dados referentes a reflectância não foram realizadas à campo ou laboratório. Os dados relativos a ela foram extraídos das imagens, através dos níveis de cinza, sendo portanto analisados de forma acessória no processo.

Para a leitura dos níveis de cinza a escolha da imagem TM - LANDSAT mostrou-se eficaz, uma vez que devido ao fato da existência de várias bandas que abrangem maior intervalo ao longo do espectro eletromagnético, um mesmo tema pôde ser registrado em diferentes porções do espectro. Assim, algum alvo cuja característica poderia não ser captada com eficiência por uma banda do sensor, poderia ser captada por outra, fato este já observado por autores como BOWERS e HANKS, 1964; CIPRA et al., 1971; MYERS, 1975; GERBERMANN e NEHER, 1979; CIPRA et al., 1980; KING, 1985; SABINS JR., 1987; FRAZIER e CHENG, 1989.

O cruzamento entre a grade regular gerada em SGI e a cena TM-LANDSAT montada pelo SITIM propiciou grande facilidade para a obtenção dos níveis de cinza de forma que os valores registrados estavam geometricamente referenciados, melhorando portanto a qualidade dos dados extraídos em relação aqueles obtidos por ROCHA (1993) que trabalhou conjuntamente com dois monitores coloridos.

Dentre as bandas escolhidas a única que se encontra dentro da faixa do visível no espectro eletromagnético é a banda TM - 3 (0,63 - 0,69 μm) referente ao vermelho, enquanto que as bandas TM - 4 (0,76 - 0,90 μm), TM - 5 (1,55 - 1,75 μm) e TM - 7 (2,08 - 2,35 μm), encontram-se na faixa do infra-vermelho refletido. Estas bandas tem sido utilizadas com sucesso em diferentes trabalhos como DONZELI et al. (1983);

VALÉRIO FILHO (1984); VETORAZZI (1988); BISWAS e SINGH, 1991; DWIVEDI, R. S. e RAVI SANKAR (1992) e ROCHA (1993) pa delimitação das redes de drenagem e/ou delimitação de unidades fisiográficas.

Os valores de nível de cinza obtidos para cada banda estão resumidamente apresentados na Tabela 10.

A análise dos níveis de cinza obtidos de 1167 células demonstra valores relativamente elevados de C.V. para as banda TM - 4/5/7. Isto deve-se basicamente ao fato da interação dos corpos d'água com as ondas eletromagnéticas do infravermelho. Encontra-se portanto, uma amplitude de valores muito elevada partindo de zero nas bandas 5 e 7 e próximo a zero na banda 4 que representa nula a reflectância dos rios e lagos nestas tres bandas, em comparação com valores mais elevados no caso do solo e da vegetação.

Tabela 10 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA, OBTIDOS PARA 1167 CÉLULAS QUE COMPÕEM A GRADE REGULAR.

BANDAS	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.
TM - 3	33	19,99	13	3,51	17,55
TM - 4	87	34,92	07	10,56	30,24
TM - 5	72	34,87	00	9,92	28,45
TM - 7	26	10,83	00	4,22	38,97

Como a banda TM-3 compreende parte da faixa do visível no espectro eletromagnético, os corpos de água apresentam valores de reflectância mais elevados e portanto a amplitude dos dados torna-se menor, revelando baixos valores de desvio padrão e coeficiente de variação.

8.4 ANÁLISE DOS DENDROGRAMAS

A aplicação da análise de agrupamento e criação de dendrogramas como procedimento adotado para a compartimentação das células e confecção de um pictograma que serviu de guia para delineamento de unidades fisiográficas sobre as imagens digitais tratadas, mostrou-se muito satisfatória para os propósitos visados, ou seja, a subdivisão do terreno em áreas homogêneas com relação às variáveis de drenagem, relevo e níveis de cinza, para a posterior checagem à campo. De conformidade com os resultados obtidos por VETORAZZI (1988), a aplicação desta análise orientou a operação de agrupamento de indivíduos semelhantes de maneira a eliminar parcialmente a subjetividade, que seria inevitável sem o seu emprego.

Outra grande vantagem desta análise deve-se a possibilidade de separação de unidades fisiográficas em níveis seguros, atrelados a valores numéricos, representados pelos coeficientes de semelhança.

Conforme especificado na metodologia, a área foi separada em oito parcelas, das quais foram extraídos os dados relacionados às variáveis.

Os dados correspondentes a cada parcela geraram, através da análise de agrupamentos, oito dendrogramas cuja análise interpretativa possibilitou a definição de um conjunto de células quantitativamente semelhantes.

Como ilustração dos procedimentos realizados, foi escolhido o dendrograma referente a parcela de número dois (Figura 11) para apresentação dos resultados e discussão dos mesmos. Observa-se no dendrograma, a separação de cinco grupos principais e dois elementos isolados (células 23:43 e 24:38). O primeiro, refere-se a um agrupamento bastante homogêneo, com baixos valores de distância euclidiana média (0,4 - 0,6), e com número de indivíduos comparativamente maior que os demais agrupamentos.

Os baixos valores da distância euclidiana média neste primeiro conjunto está relacionado aos valores apresentados em cada célula, refletindo a uniformidade que estes valores apresentam. Esta uniformidade, derivada das condições de terreno que se apresenta bastante estável, está basicamente definida pela quase ausência de canais de drenagem, valores ponderados de declividade reduzidos e pequena variação dos valores de níveis de cinza. Este agrupamento possibilitou a melhoria na separação das

unidades fisiográficas onde verificou-se à campo a presença dos Latossolos, cujas características resumem-se em homogeneidade morfológica e estabilidade de desenvolvimento. Tal fato também foi observado por ROCHA (1993) que encontrou valores de distância euclidiana média próximos a 0,56, para o agrupamento representativo dos Latossolos.

Já o segundo agrupamento, apresenta distância euclidiana com valores intermediários (0,6 - 1,0) e com heterogeneidade maior que o apresentado pelo primeiro agrupamento, sendo também constatado por ROCHA (1993), onde solos Podzolizados apresentaram maiores variações dentro da árvore hierárquica. Este conjunto é o que apresenta o segundo maior número de indivíduos.

Os solos encontrados nas unidades fisiográficas formadas por estes agrupamentos referem-se aos B texturais (Terra Roxa Estruturada), podendo apresentar, dentro do dendrograma, variações cuja observação de campo demonstrou a existência de variações do mesmo para Latossolo.

O terceiro e quarto agrupamento são formados por um conjunto de indivíduos que apresentam distância euclidiana elevada (1,2 - 1,9) em relação aos dois primeiros grupos. O que diferencia estes dois conjuntos é a homogeneidade de apresentação na árvore hierárquica, onde o terceiro é mais homogêneo que o quarto agrupamento o qual pode apresentar, algumas vezes, indivíduos isolados e distância euclidiana média superior a 1,2. Como cada dendrograma refere-se a uma porção da área de estudos, este pode conter indivíduos que representam solos presentes nesta porção. Portanto, estes agrupamentos podem referir-se a diferentes solos, uma vez que, devido às condições inerentes à área de estudos, solos que apresentam elevada distância euclidiana média podem ou não estar presentes no mesmo dendrograma. Um exemplo típico refere-se aos solos hidromórficos indiscriminados da unidade Ivaí e os solos Litólicos. Ambos apresentam distâncias euclidianas elevadas dentro do dendrograma, mas encontram-se em árvores diferentes. O quinto e último agrupamento apresenta distância euclidiana relativamente próxima ao segundo e terceiro agrupamento (1,0 - 1,2), mas totalmente destacado dos demais grupos (à esquerda do dendrograma).

O estabelecimento dos cortes para todos os dendrogramas foram realizados em níveis comparáveis, ou seja, as distâncias euclidianas usadas na separação de um agrupamento dentro de um dendrograma foi a mesma que as demais possibilitando assim a formação de grupos bem distintos, pois segundo VETORAZZI (1988), o corte efetuado no dendrograma deve ser realizado em pontos que atendam aos propósitos do trabalho.

Para todos os dendrogramas analisados observou-se basicamente os mesmos grupos hierárquicos distintos apesar de que, em alguns casos, sua distribuição no fenograma foi variável. Em quase todos os fenogramas foram separados pequenos agrupamentos dentro dos conjuntos principais, (principalmente o terceiro e oitavo grupo). Estes pequenos agrupamentos assemelhavam-se a um ou a outro agrupamento principal dentro da árvore hierárquica sendo considerados, portanto, variações dos agrupamentos principais mas, mesmo assim, separados dos demais. Na Tabela 11 são apresentados o número de agrupamentos principais definidos nos dendrogramas para cada parcela de dados utilizada na análise de cluster.

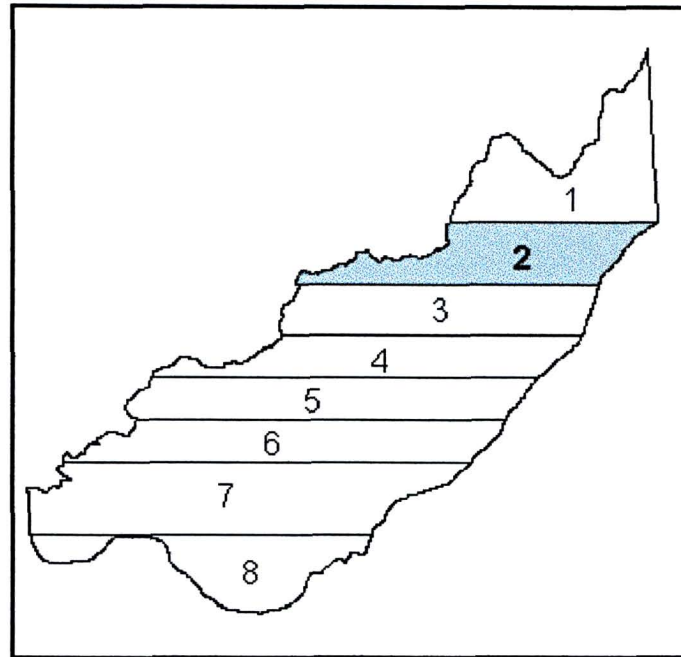
Tabela 11 - NÚMERO DE GRUPOS SEPARADOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS DENDROGRAMAS REFERENTES À 8 PARCELAS DO TERRENO E, O NÚMERO DE CÉLULAS COMPONENTES DE CADA PARCELA.

PARCELA	Nº DE CÉLULAS*	Nº DE GRUPOS**
01	166	05
02	145	05
03	146	05
04	138	04
05	147	04
06	156	04
07	144	04
08	126	06

* A variação no número de células que compõem cada parcela se deve ao fato da área possuir um formato irregular (Figura 12), o que torna impossível a organização de parcelas com o mesmo número de células sem que haja ruptura na seqüência da grade regular.

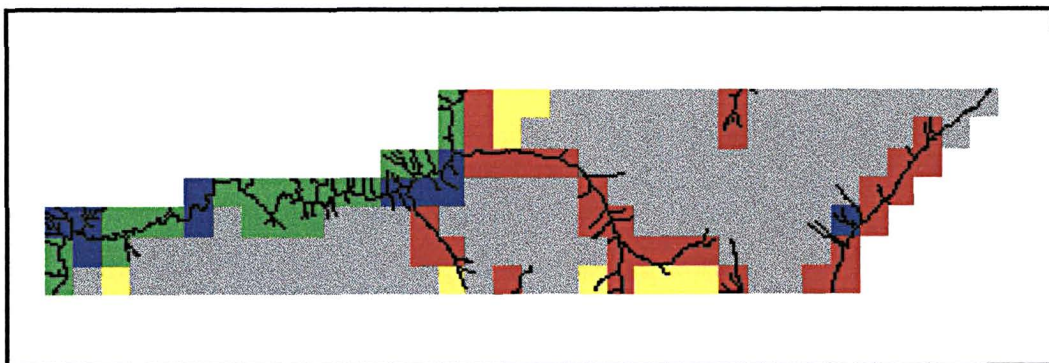
** O número refere-se aos agrupamentos obtidos pelo "corte" da árvore hierárquica, de acordo com os propósitos estabelecidos.

Figura 12 - ILUSTRAÇÃO DO FORMATO IRREGULAR DA ÁREA DE ESTUDOS.



A figura 13 representa o pictograma formado pela sobreposição dos planos de informação criados a partir da rotulagem das células que compõem os grupos formados pela análise de agrupamentos referente à parcela número 2.

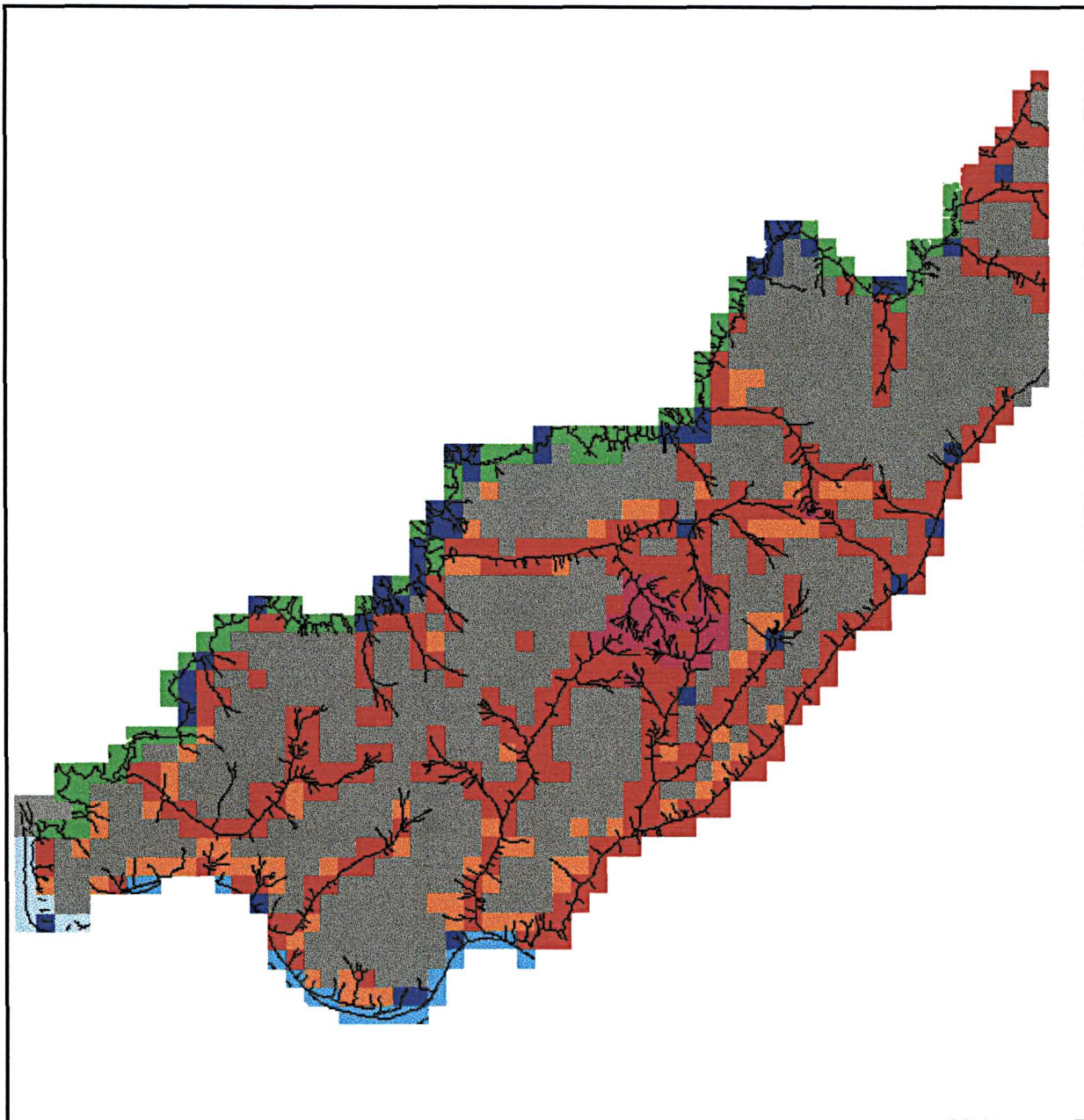
Figura 13 - REPRESENTAÇÃO DO PICTOGRAMA FORMADO A PARTIR DO AGRUPAMENTO DE CÉLULAS REFERENTES À PARCELA NÚMERO 2.



Como exemplificado na parcela dois, as demais parcelas originaram diferentes dendrogramas que possibilitaram a separação de grupos de indivíduos que após serem devidamente identificados e rotulados através do SGI possibilitaram a formação do

pictograma completo da área de estudos (figura 14), de maneira semelhante àquele obtido por ROCHA (1993).

Figura 14 - PICTOGRAMA DA ÁREA DE ESTUDOS FORMADO, A PARTIR DA ANÁLISE DE CLUSTER.



8.5 INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS DIGITAIS E DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS.

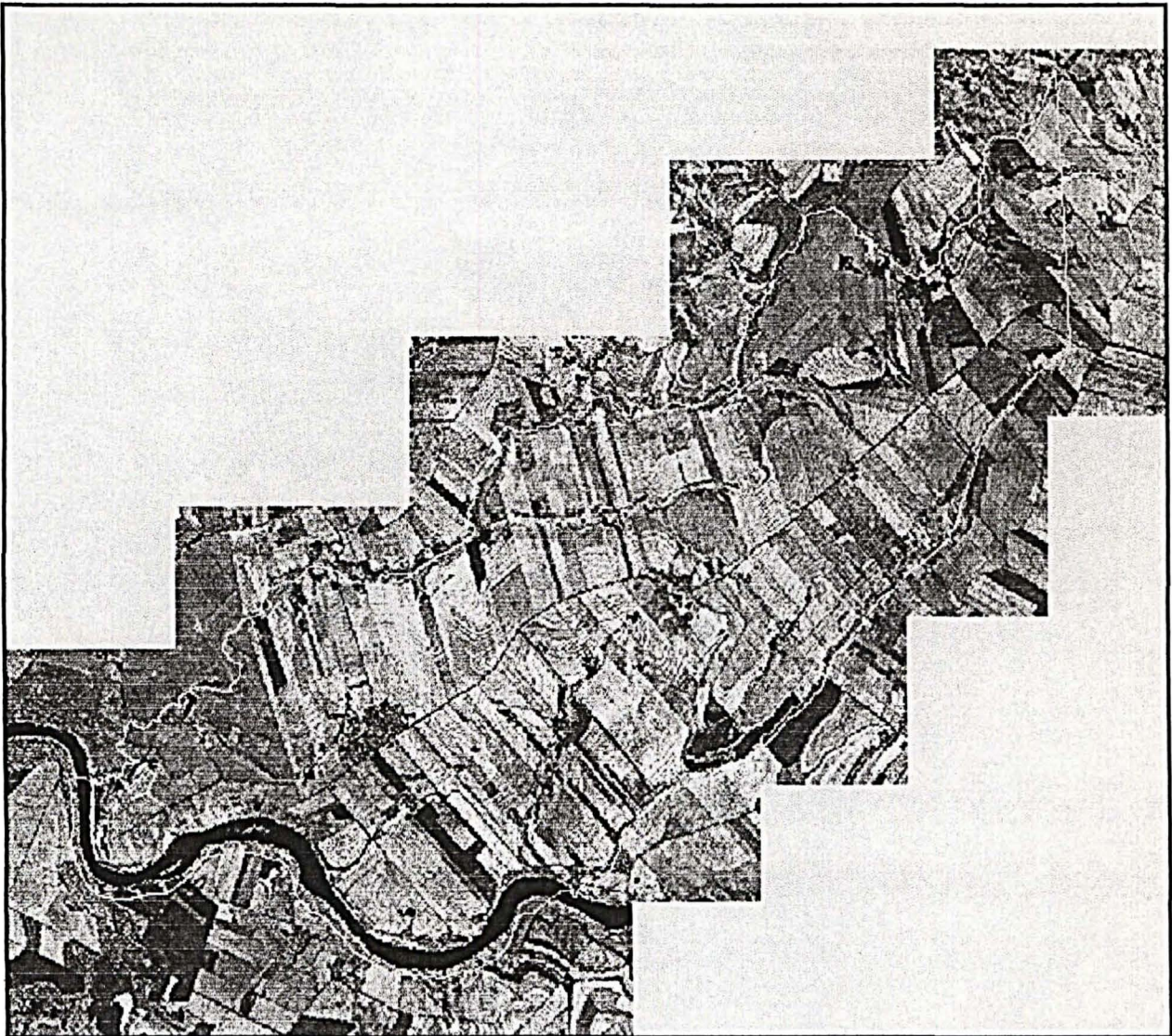
A utilização de imagens orbitais possibilitou, ainda, a compartimentação de áreas homogêneas do terreno, firmando-se cada vez mais como uma grande ferramenta para os estudos dos solos, como já utilizada em estudos realizados por WESTIN e MYERS (1973); WESTIN e FRAZZE (1976); VALÉRIO FILHO et al. (1979); IMHOFF et al. (1992); DONZELI et al. (1983); AGBU et AL. (1990); GASTELLU-ETCHEGORRY et al. (1990); BISWAS e SINGH (1991); ROCHA (1993) e outros.

Das cenas utilizadas com o intuito de se obter uma imagem que pudesse atender à necessidade fotointerpretativa, dentro de uma escala visual do monitor, sem que houvesse a degradação das mesmas, a que melhor se apresentou foi aquela obtida pela interposição das bandas SX2 (0,61 - 0,68 μm), SX3 (0,79 - 0,89 μm), SX1 (0,50 - 0,59 μm) do sensor HRV - SPOT, nos canais R, G e B respectivamente, contrastadas linearmente através da manipulação histográfica e filtradas (Prancha 4). Quando usada isoladamente, a banda SX3 (Prancha 5) foi a que apresentou melhores resultados, uma vez que a visualização dos objetos tornou-se mais clara em comparação com outras bandas, que apresentaram tonalidade mais escura, mesmo depois de contrastadas linearmente. Com o uso dos polígonos guias, a discriminação das unidades fisiográficas fica favorecida, mesmo com a utilização de uma única banda, não sendo necessário portanto, como comentado por SANTOS et al. (1988), a utilização de no mínimo duas bandas.

Prancha 4 - COMPOSIÇÃO COLORIDA SX2 (R), SX3 (G), SX1 (B) DA IMAGEM HRV-SPOT.



Prancha 5 - BANDA SX3 DA IMAGEM HRV-SPOT.



A cena, obtida no inverno de 1988, e portanto com baixo ângulo de elevação solar, mostrou-se, sob o aspecto indicativo de condições de relevo local, muito útil, devido ao efeito de sombreamento, fato este já constatado por VALÉRIO FILHO et al. (1979) e VETORAZZI (1988). A caracterização do relevo, com distinção de cristas, superfícies aplainadas, depressões e calhas fluviais, foi relativamente fácil através de quase todas as cenas utilizadas, ficando favorecida pelas condições de intenso uso agrícola e ausência de florestas. Além disto, o uso da filtragem em conjunto com a sobreposição da rede de drenagem sobre a cena fotointerpretada, e a observação da

textura fotográfica possibilitou, para certas porções da área, melhor visualização no grau de dissecação do relevo, otimizando a análise fisiográfica.

Outro elemento muito útil na caracterização da forma do relevo através da interpretação visual da imagem HRV-SPOT foram as curvas de nível implantadas nas áreas agrícolas que, com certa acuidade, era possível de observar pequenas alterações da morfologia da área através da sinuosidade destas curvas.

A cultura de inverno implantada (trigo), apresentou-se com coloração verde - clara, nas composições coloridas, destacando-se das pastagens (rosa claro) e florestas (verde - escuro) (Prancha 4). É importante ressaltar que as diferenças de colorações entre certos temas da imagem não configuraram uma maneira de separação entre eles.

Na imagem referente à banda SX3 (infravermelho próximo), os cursos d'água e represas destacaram-se facilmente, uma vez que se apresentam muito escuros nas imagens. Segundo MYERS (1975), isto é decorrência da interação entre os corpos d'água com as ondas eletromagnéticas na região do infravermelho.

As imagens TM - LANDSAT, apesar de sua expressiva potencialidade na definição de unidades fisiográficas como relatado em WESTIN e FRAZEE (1976), VALÉRIO FILHO et al. (1981), DONZELI et al. (1983), AGBU e NIZEYIMANA (1991), e muitos outros, foram utilizadas apenas como parte complementar do processo fotointerpretativo em conjunto com as demais cenas obtidas por diferentes composições e tratamentos digitais para delimitação das unidades (Prancha 6).

Os processos de separação das unidades fisiográficas, baseados na metodologia adaptada por DONZELI et al. (1983), demonstrou mais uma vez, através das características da rede de drenagem (padrão, grau de integração e uniformidade), do relevo (padrão, grau de dissecação e linhas de crista) e da imagem fotográfica (textura e tonalidade), associada aos guias obtidos através da metodologia proposta, um grande potencial na delimitação das feições fisiográficas.

Prancha 6 - COMPOSIÇÃO COLORIDA 7R, 5G, 3B DA IMAGEM TM-LANDSAT.



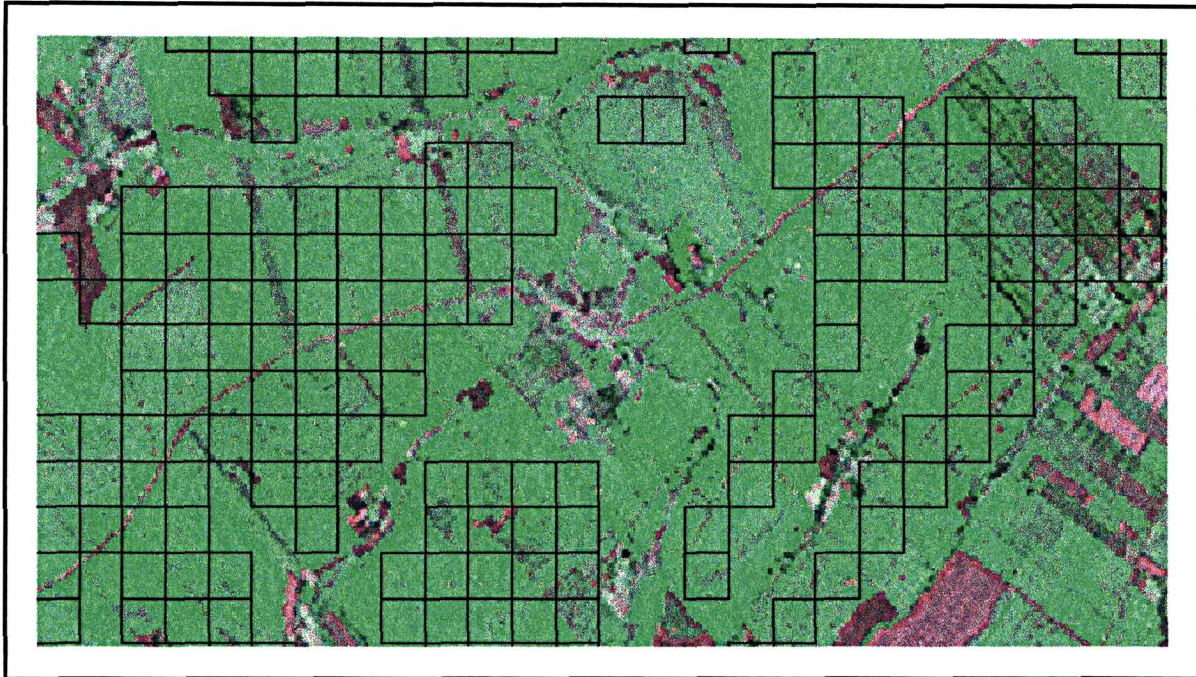
Para o mapeamento das unidades da área de estudos, a reunião de todas as informações obtidas pela interpretação das imagens digitais com a presença dos guias, contribuíram significativamente para sua melhor caracterização, tornando satisfatório o procedimento adotado para esta compartimentação do terreno dentro dos propósitos pré-estabelecidos, ou seja, possibilitar a subdivisão do terreno em áreas homogêneas com expressiva redução da subjetividade do fotointérprete, uma vez que tais divisões seguiram um condicionante, aqui no caso, os guias obtidos pela análise de cluster, fato também concluído por ROCHA (1993). Portanto, como já constatado por VETORAZZI (1988), uma área do terreno representada por um polígono poderá ou não ser separada de outra pela aparência apresentada entre os indivíduos que agruparam para a formação desta unidade e não pela subjetividade de interpretação do autor.

Os guias formados pelo pictograma e sobrepostos às imagens (Prancha 7) propiciaram segurança no traçado de linhas divisórias entre unidades que em alguns locais, por condições inerentes às imagens, não estavam bem definidas. A imagem escolhida, ainda que condicionada a diversos tratamentos para melhoria da qualidade visual, apresentou em algumas áreas, condições que, através da metodologia clássica, não caracterizava a divisão de unidades fisiográficas, mas que por indicação dos guias foram separadas. Após o estudo de campo e obtenção dos resultados analíticos, constatou-se que as áreas anteriormente separadas eram realmente diferentes mesmo que através da análise visual não havia sido constatada nenhuma diferença significativa. Noutra sentida, áreas que provavelmente poderiam ser separadas através da análise visual da imagem, foram mantidas em uma única unidade uma vez que o polígono guia sobreposto a imagem as mantinham unidas, que em estudos posteriores comprovaram a veracidade do fato.

Observa-se portanto a valiosa contribuição que os guias formados pelos pictogramas podem oferecer na análise visual de imagens orbitais, pois podem separar indivíduos que não estão visualmente distintos, bem como manter corpos que normalmente, devido a diferenciações de coloração e contraste, podem ser separados.

A utilização dos guias tornou o trabalho fotointerpretativo mais preciso e menos subjetivo. A praticidade proporcionada pela metodologia empregada foi tão grande que acreditamos na possibilidade de que intérpretes com pouca experiência possam delimitar com relativa facilidade as unidades fisiográficas. Isto com certeza possibilitará, num futuro próximo, a abertura de novos caminhos para pesquisadores dentro da pedologia, principalmente os iniciantes pois, através de uma metodologia prática e segura os trabalhos poderão ser executados com melhores resultados, reduzindo ou eliminando os problemas destacados por BIE e BECKETT (1973) na produção de mapas pedológicos.

Prancha 7 - IMAGEM HRV-SPOT COM SOBREPOSIÇÃO DO GUIA PARA INDIVIDUALIZAÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS.



Em relação aos limites dos polígonos delimitados com o auxílio dos guias, observações realizadas a campo comprovaram a sua coincidência em quase toda a área de estudos. A maior dificuldade apresentada foi relativa à faixa de abrangência de algumas unidades fisiográficas, principalmente aquelas próximas aos cursos de água. Devido ao tamanho específico da célula (300 x 300 m), certos limites foram definidos dentro desta faixa de largura. Após observações à campo, constatou-se que, em certos casos, como as unidades onde se encontram solos aluviais e hidromórficos ou mesmo as terras roxas estruturadas que se desenvolvem próximas aos canais de drenagem, os limites entre as unidades variaram em relação a sua largura.

Após a análise interpretativa da unidade de visualização da estação de trabalho e definição das linhas divisórias entre os polígonos que continham as unidades fisiográficas foi produzido um mapa (Figura 15), necessário para posterior checagem a campo. Cada polígono foi então identificado e rotulado para determinação de sua área.

Foram delimitados 62 polígonos representando a individualização da área de estudos (Figura 15), cujas características são demonstradas na Tabela 12.

Figura 15 - MAPA DOS POLÍGONOS DELIMITADOS NA ÁREA DE ESTUDOS.

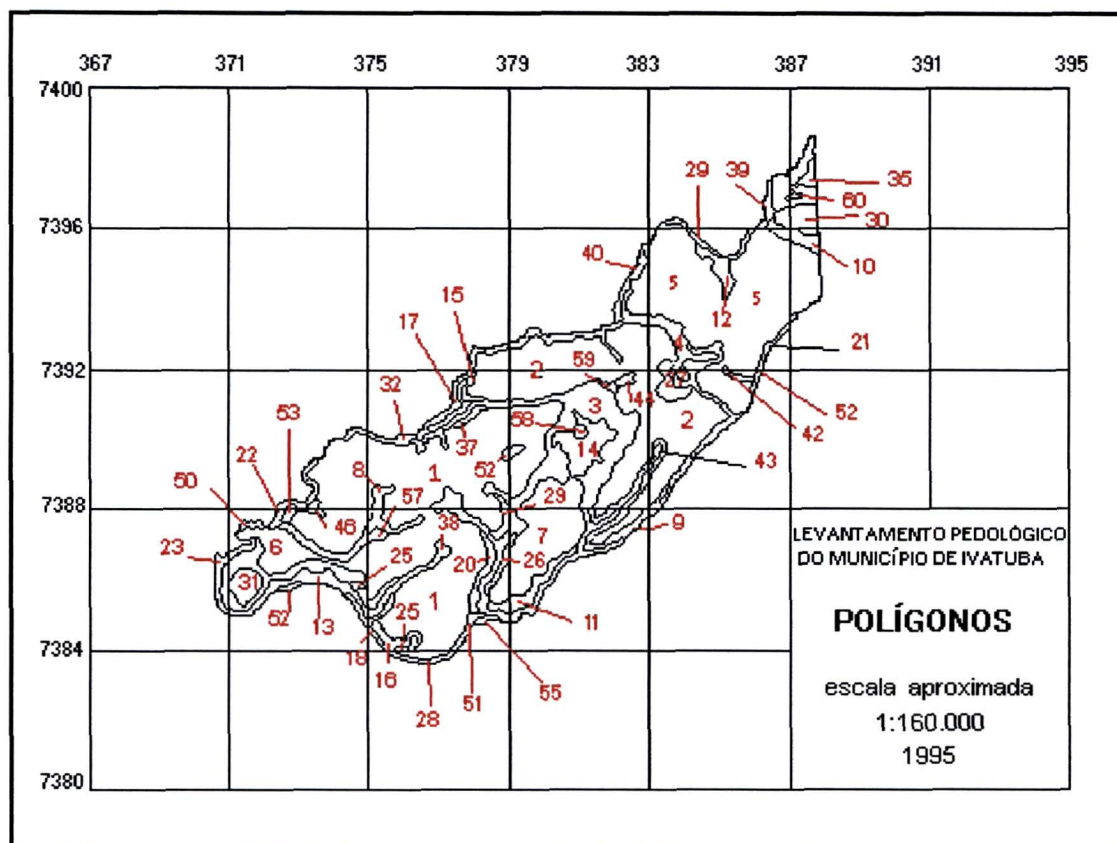


Tabela 12 - NÚMERO E ÁREA DOS POLÍGONOS, OBTIDOS PELA FOTOINTERPRETAÇÃO EM MONITOR, DE IMAGEM SPOT EM CONJUNTO COM GUIAS OBTIDOS ATRAVÉS DE AGRUPAMENTO DE CÉLULAS PELA ANÁLISE DE CLUSTER.

POLÍGONO	ÁREA (m ²)	%	POLÍGONO	ÁREA (m ²)	%
01	28220636	30,16	32	213558	0,23
02	16338293	17,46	33	326232	0,35
03	7456616	7,97	34	191137	0,20
04	1850877	1,97	35	278844	0,30
05	15247950	16,29	36	139054	0,15
06	2233047	2,39	37	191545	0,20
07	5229143	5,59	38	167712	0,18
08	1069663	1,14	39	162928	0,17
09	958784	1,02	40	137444	0,15
10	1687658	1,80	41	149836	0,16
11	768269	0,82	42	82009	0,09
12	601384	0,64	43	65517	0,07
13	889212	0,95	44	106340	0,11
14	1436412	1,53	45	36237	0,04
15	314192	0,34	46	99319	0,11
16	682694	0,73	47	88811	0,09
17	216683	0,23	48	60791	0,06
18	319933	0,34	49	57272	0,06
19	223282	0,24	50	61221	0,07
20	497554	0,53	51	89107	0,10
21	122749	0,13	52	128784	0,14
22	267844	0,29	53	138479	0,15
23	286611	0,31	54	122154	0,13
24	99987	0,11	55	51374	0,05
25	141663	0,15	56	37434	0,04
26	241199	0,26	57	100934	0,11
27	549277	0,59	58	84543	0,09
28	332928	0,36	59	54262	0,06
29	300669	0,32	60	29185	0,03
30	797808	0,85	61	55446	0,06
31	677322	0,72	62	15371	0,02

8.6 SOLOS

Foram identificados no presente trabalho cinco consociações e quatro associações de solos pertencentes a treze unidades taxônomicas de acordo com a classificação preconizada pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (Tabela 13) e cuja distribuição espacial encontra-se na Figura 16.

Figura 16 - FIGURA REPRESENTATIVA DO MAPA PEDOLÓGICO SEMI-DETALHADO DO MUNICÍPIO DE IVATUBA.

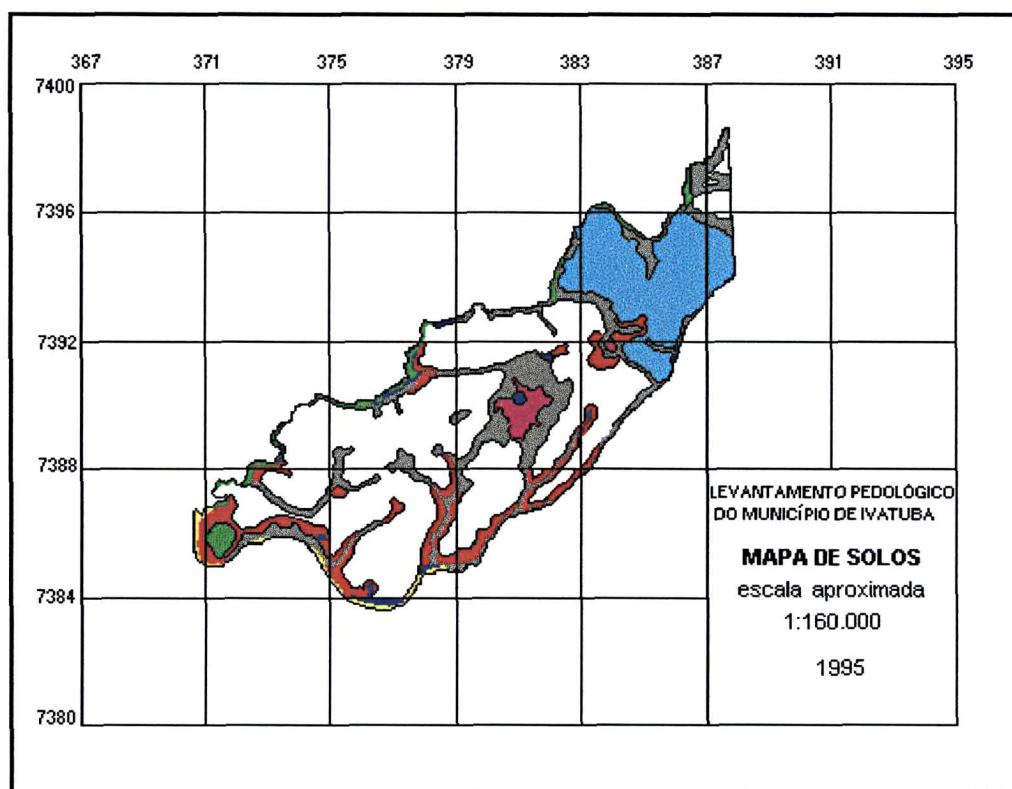











Tabela 13 - LEGENDA DAS UNIDADES DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDOS.

LEGENDA	
	LATOSSOLO ROXO eutrófico A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.
	LATOSSOLO ROXO distrófico A moderado textura muito argilosa relevo plano e suave ondulado.
	Associação LATOSSOLO ROXO distrófico + LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO eutrófico ambos A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.
	TERRA ROXA ESTRUTURADA eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.
	TERRA ROXA ESTRUTURADA latossólica eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.
	TERRA ROXA ESTRUTURADA pouco profunda eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo ondulado.
	Associação SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS textura argilosa + SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado textura média ambos relevo plano.
	Associação SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS textura muito argilosa relevo plano + CAMBISSOLO gleico eutrófico Ta A moderado textura muito argilosa relevo ondulado.
	Associação SOLOS LITÓLICOS A chernozêmico textura média fase pedregosa + CAMBISSOLO Ta A moderado textura argilosa, ambos eutróficos relevo ondulado e substrato rochas eruptivas básicas.

São apresentadas em anexo as características físicas, químicas e morfológicas, suas correlações e a discussão dos resultados em conjunto com as descrições de perfis representativos de cada classe de solo levantada neste trabalho.

Tabela 14 - Unidade e classes de solos predominantes da unidade.

UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO
SATARÓ	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura muito argilosa
PORTO DA AREIA	Latossolo Roxo distrófico epieutrófico, A moderado, textura argilosa
FAZENDA IVATUBA	Latossolo Roxo distrófico , A moderado, textura muito argilosa
FAZENDA DO SALTO	Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, A moderado, textura muito argilosa
TERRA ROXA	Terra Roxa Estruturada eutrófica, A moderado, textura muito argilosa e argilosa
TAQUARUÇÚ	Terra Roxa Estruturada pouco profunda eutrófica, A moderado, textura muito argilosa
BATAVO	Terra Roxa Estruturada latossólica eutrófica, A moderado, textura muito argilosa.
SERRINHA	Solos Litólicos eutróficos, A chernozêmico ou moderado, textura média, fase pedregosa, substrato rochas eruptivas básicas do derrame do trapp.
BARREIRO	Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados textura argilosa
ENCALHADO	Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados textura muito argilosa
ACEROLA	Cambissolo eutrófico Ta, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, substrato rochas eruptivas básicas do derrame do trapp.
PAIÇANDÚ	Cambissolo gleico eutrófico Ta, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa substrato rochas eruptivas básicas do derrame do trapp.
IVAÍ	SOLOS ALUVIAIS eutróficos A moderado textura média

8.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS.

De todas as variáveis utilizadas, aquelas referentes aos canais de drenagem foram as mais significativas. Ensaio realizados constataram que a utilização apenas destas variáveis foram eficientes na separação daqueles solos, cujos contrastes entre suas características eram mais marcantes. Como exemplo, podemos destacar a separação entre os solos com elevado número de canais (litólicos) e os latossolos cujas células possuíam, em quase sua totalidade, poucos canais cruzando sua área.

Em relação ao relevo, a separabilidade entre as unidades foi de baixa eficiência quando usado isoladamente como variável. Em conjunto com as demais variáveis a declividade ponderada mostrou-se com eficiência satisfatória, fato também observado por ROCHA (1993). Acreditamos que estudos mais profundos em relação a esta variável venha trazer resultados promissores no agrupamento de indivíduos através da metodologia proposta para formação de unidades fisiográficas cada vez mais precisas.

Os níveis de cinza das quatro bandas escolhidas apresentaram-se muito satisfatórios, e por isso recomendamos a continuação de seu uso neste tipo de trabalho.

Acreditamos ainda que para a realização de trabalhos futuros novos índices obtidos através da análise pormenorizada do relevo, rede de drenagem, geologia, geomorfologia, relação entre bandas de diferentes sensores devam ser incorporados na análise de agrupamentos possibilitando a separação ou união de indivíduos que possuam certo grau de pareceria entre sí.

Com o objetivo de se avaliar o comportamento das variáveis declividade ponderada e níveis de cinza dentro das unidades de mapeamento, são apresentados a seguir os valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação das células referentes aos agrupamentos, que possibilitaram a formação das unidades fisiográficas que compartimentaram os diferentes solos encontrados na área de estudos. A discussão a respeito dos níveis de cinza caracteriza uma informação adicional, já que o detalhamento do comportamento espectral dos solos que compõem o mapeamento não foi objeto deste trabalho.

8.7.1 LATOSSOLO ROXO

Os resultados apresentados na tabela 15 demonstram que para o Latossolo Roxo a declividade ponderada encontrada possui valores médios de 5.32%, com mínimo de 1.52% e máximo de 9.85 %. Isto revela que estes solos apresentam-se em condições de terreno cuja declividade enquadra-se nas condições que o caracteriza como suave ondulado.

Tabela 15 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS LATOSSOLOS ROXOS.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	9,85	5,32	1,52	1,46	27,56
BANDA 7	24	10,56	4	4,01	37,97
BANDA 5	67	34,40	18	8,55	24,85
BANDA 4	87	35,15	12	10,51	29,87
BANDA 3	31	19,48	13	3,50	17,96

Em relação aos níveis de cinza, observa-se que a banda B3 obteve os menores valores de C.V. (17,96 %) em relação as demais.

Dentre as bandas que compõem o infravermelho, a banda B7 foi a que apresentou maiores valores de C.V. (37,97%).

8.7.2 TERRA ROXA ESTRUTURADA

Os valores apresentados na tabela 16 demonstram, para a declividade ponderada das células que compõem as unidades fisiográficas das Terras Roxas, valores médios de aproximadamente 7%. Esses valores são relativamente superiores aqueles encontrados para os latossolos. Os valores de 38,21% de C.V. demonstram a distribuição um tanto variada destes solos, podendo ser encontrados em situação de relevo plano (valores mínimos de 1,50% de declividade ponderada) e relevo ondulado (valores máximos de 14,38 %).

Tabela 16 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS ESTRUTURADAS.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	14,38	6,96	1,50	2,66	38,21
BANDA 7	26	11,41	5	3,54	31,02
BANDA 5	72	35,85	18	8,56	23,87
BANDA 4	66	34,47	15	10,80	31,33
BANDA 3	33	20,26	13	3,51	17,32

Assemelhando-se aos latossolos, as células desta unidade apresentaram baixos valores de C.V. para a banda B3 (17,32%), valores intermediários para a banda B5 (23,87%) e valores relativamente elevados para as bandas B4 (31,33%) e B7 (31,02%).

8.7.3 TERRA ROXA ESTRUTURADA POUCO PROFUNDA.

Em concordância com os valores apresentados pelos Latossolos e Terras Roxas, os valores de C.V. para os níveis de cinza da banda B3 foi o mais reduzido, seguido pelo da banda B5 e finalmente as bandas B4 e B7. É interessante observar que este fato repete-se para todos os solos da área cuja evolução é derivada do basalto.

A declividade ponderada das células que compõem esta unidade apresenta valores médios de 6%. Esses valores, apesar de menores que aqueles apresentados pela Terra Roxa, apresentam C.V. relativamente mais elevados, caracterizados pela distribuição espacial mais desuniforme.

Tabela 17 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS POUCO PROFUNDAS.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	13,86	6	3,09	2,98	49,66
BANDA 7	23	12,38	7	3,95	31,90
BANDA 5	69	41	21	10,87	26,51
BANDA 4	60	35,38	17	10,23	28,91
BANDA 3	29	21,20	15	3,65	17,21

8.7.4 TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA.

A tabela 18 apresenta, para declividade ponderada, valor médio de 8.76%. Este valor foi superior ao encontrado pelas Terras Roxas Estruturadas e Terras Roxas Estruturadas pouco profunda. Isto deve-se basicamente à sua localização no terreno. Por apresentar-se sobre a linha de ruptura entre um relevo mais aplainado e outro mais dissecado, a ponderação dentro de cada célula posicionou os valores em uma condição de relevo mais movimentado. A banda B3, com coeficiente de variação de 15,48%, apresentou-se mais uma vez com maior homogeneidade de seus valores em relação às demais.

Tabela 18 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELAS TERRAS ROXAS LATOSSÓLICAS.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	14,63	8,76	1,50	3,28	36,87
BANDA 7	23	11,06	4	3,99	36,07
BANDA 5	62	33,39	22	8,15	24,40
BANDA 4	65	33,49	17	11,57	34,56
BANDA 3	26	19,83	13	3,07	15,48

8.7.5 SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE BARREIRO.

A tabela 19 demonstra que, para esta unidade, o valor médio da declividade ponderada ficou próximo a 6%. Os valores máximos alcançaram até 12% de declividade ponderada. Isto deve-se ao fato das células de onde extraíram os dados possuírem uma dimensão que, em alguns casos situa-se em condições de relevo plano (onde situam-se os solos aluviais e hidromórficos próximo ao rio) e relevo ondulado (linha de ruptura entre a área basáltica e a área de deposição aluvial), possibilitando, através da ponderação, condições de relevo mais acidentado, mesmo que estejamos em área de aluviões. Em decorrência disto, o valor apresentado para o C.V. foi o maior dentre todos os conjuntos de células que compuseram as diferentes unidades (59,83 %).

Tabela 19 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE BARREIRO.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	12,33	5,90	1,50	3,53	59,83
BANDA 7	20	2,82	0	4,72	167,73
BANDA 5	47	16,28	1	15,25	93,67
BANDA 4	55	30,57	7	13,84	45,27
BANDA 3	31	21,28	13	3,83	18,01

Em relação aos níveis de cinza, esta unidade obteve, para as células que a compõem, os maiores valores de C.V. para todas as variáveis com exceção da banda B3. Isto deve-se basicamente às condições inerentes à própria unidade, onde suas características físicas e químicas são variadas de acordo com as condições do material depositado pelo rio e sua vegetação é variada, podendo conter em sua extensão tanto culturas anuais, pastagens ou cobertura vegetal original.

8.7.6 SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE ENCALHADO.

Para os solos hidromórficos da unidade Encalhado, as condições de declividade ponderada foram um tanto diferenciadas daqueles da unidade Barreiro. Os valores médios alcançaram em torno de 4% e os máximos próximos a 7 %. Isto deve-se basicamente pela condição de posicionamento da célula no terreno. Como as células localizaram-se em condições de terreno uniforme, com declividade mais aplainada, sem conter em seus interiores porções muito elevadas de declividades mais acentuadas, a ponderação possibilitou o aparecimento de valores mais reduzidos para a declividade ponderada dentro da célula.

Tabela 20 - VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM A ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS DA UNIDADE ENCALHADO.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	6,81	4,30	1,84	1,29	30
BANDA 7	23	12,66	7	3,94	31,12
BANDA 5	66	40,52	19	10,42	25,71
BANDA 4	64	36	19	8,23	22,86
BANDA 3	26	20,57	14	2,82	13,70

Para os níveis de cinza, os coeficientes de variação para as diferentes bandas foram mais reduzidos que os da Unidade Barreiro. Isto provavelmente deve-se a esta área estar praticamente toda ocupada por agricultura, não ocorrendo áreas de mata nativa ou pastagens. Outro fator que pode influenciar a homogeneidade dos valores de cinza deve-se ao fato destas áreas estarem cobertas em sua extensão, por uma camada avermelhada decorrente da deposição advindo das partes coluviais adjacentes, o que não ocorre no caso dos solos hidromórficos da unidade Encalhado. A banda B3 conteve o menor valor de C.V. (13.70 %) de todo o conjunto de células que compõem as diversas unidades. Isto está provavelmente ligado às condições de homogeneidade da superfície aluvial destes solos e à época de passagem do TM-LANDSAT. As imagens foram obtidas durante o inverno (06/1991) coincidindo com a época em que os

agricultores, preparam suas áreas de várzea para o plantio do arroz irrigado. Em decorrência, a área apresenta-se sem cobertura vegetal e com a camada superficial sistematizada.

8.7.7 SOLOS LITÓLICOS

O valor médio da declividade ponderada obtido das células que compõem a unidade dos solos litólicos foi de 9,75%. Este foi o maior valor médio encontrado para todas as unidades. Este valor reflete as condições de posicionamento destes solos no terreno. Apesar do valor máximo (13,86 %) não alcançar o limite da classe forte ondulado, esta ocorre na área, mas em associação com outras classes de declividade que, na ponderação, reduzem o valor final da declividade dentro da célula.

Com exceção da banda B7, as demais bandas apresentaram valores de C.V. relativamente baixos e próximos uns dos outros. Este fato não foi observado nos demais solos. Isto deve-se, provavelmente, a área estar na sua quase totalidade coberta por vegetação homogênea (gramíneas) e por não apresentar cursos de água permanente, o que possibilita talvez a uma redução na amplitude entre os valores máximos e mínimos de níveis de cinza.

Tabela 21 - VALOR MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIO, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CINZA E DECLIVIDADE PONDERADA ENCONTRADOS PARA AS CÉLULAS QUE COMPÕEM AS ÁREAS OCUPADAS PELOS SOLOS LITÓLICOS.

VARIÁVEL	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	C.V.(%)
DECP(%)	13,86	9,75	3,38	3,37	33,51
BANDA 7	19	10,58	5	3,55	33,60
BANDA 5	49	35,46	23	7,18	20,26
BANDA 4	58	41,31	20	8,12	19,66
BANDA 3	30	19,88	15	3,59	18,04

De uma maneira geral observa-se que, para todos os solos pertencentes às diferentes unidades de mapeamento, a declividade ponderada situa-se na faixa definida como suave ondulado e ondulado. Mesmo para os solos litólicos, o relevo não

ultrapassa as condições forte ondulado. Há de se ressaltar que as classes presentes estão ponderadas, podendo, em várias localidades da área ocorrerem solos em condições de relevo que diferem da classe ponderada como um todo. Observa-se, também, que o relevo apresentou coeficientes de variação relativamente elevado para todos os solos. Apenas os Latossolos Roxos apresentaram valores de C.V. inferiores à 30%, ficando os demais acima deste valor.

Em relação aos níveis de cinza, observa-se que para todos os solos, os valores de C.V. para a banda B3 foram os mais reduzidos. Isto demonstra que esta banda confere, como variável, uma maior homogeneidade dos dados dentro de cada unidade. Isto deve-se basicamente às condições intrínsecas desta banda que, por situar-se na faixa do vermelho, capta de forma uniforme a coloração avermelhada dos solos da região em estudo.

Com o objetivo de se avaliar, de uma forma geral, os agrupamentos formados pelo cluster, um conjunto de células de diferentes unidades fisiográficas foram armazenadas em um novo banco de dados ao qual efetuou-se a análise de cluster cujo dendrograma é mostrado na Figura 17.

A análise do dendrograma da Figura 17 mostra a distribuição das células adquiridas das unidades que compõem os diferentes solos encontrados na área de estudos. Observa-se que o agrupamento formado ocorre coerentemente, ou seja, células cujo agrupamento definiu certa unidade de solos, foram reagrupadas novamente, mesmo que os indivíduos utilizados para a reanálise tenham sido extraídos de diferentes unidades fisiográficas. Isto mostra que, mesmo dividindo-se a área em grupos de indivíduos em número suportáveis pelo software que realiza a análise, não ocorre prejuízos para a análise. A figura mostra basicamente 6 agrupamentos. O primeiro à esquerda, corresponde a um agrupamento bastante homogêneo que representa os Latossolos Roxos. Sua distância euclidiana foi a mais reduzida dentro da árvore hierárquica com valores em torno de 0,4. O mesmo fato foi constatado por ROCHA (1993), que comenta estar estes baixos valores provavelmente correlacionados com a homogeneidade e estado de desenvolvimento avançado destes solos, que de uma certa maneira tendem a uniformizar as características das variáveis empregadas.

O agrupamento mais irregular está representado pelos Solos Litólicos e Terra Roxa fase rasa, que não puderam ser eficientemente separados pela análise. Esta

irregularidade eleva o nível numérico da distância euclidiana a valores acima de 3.1. Este valor foi maior que aquele encontrado por Rocha (1993) para os solos litólicos, mas as condições de agrupamento foram semelhantes, ou seja solos mais jovens apresentaram distâncias euclidianas maiores.

Próximo aos Latossolos, encontram-se dois agrupamentos cujas distâncias euclidianas aproximam-se. Os agrupamentos são formados por células contidas nas unidades fisiográficas cujos solos identificados são representados pelas Terras Roxas Latossólicas e as Terras Roxas Estruturadas. O agrupamento da Terra Roxa Estruturada apresentou-se ligeiramente mais homogêneo que o primeiro. Isto deve-se provavelmente as condições mais homogêneas deste solos, uma vez que as terras roxas latossólicas apresentam um estágio intermediário de desenvolvimento entre duas unidades taxonômicas distintas.

Suas distâncias euclidianas foram 0,7 para a Terra Roxa Estruturada e 0,92 para a Terra Roxa latossólica.

Os solos hidromórficos da unidade Barreiro e os da unidade Encalhado também, como no caso anterior, apresentaram distâncias euclidianas semelhantes. A diferença entre os dois está apenas definida no posicionamento diferenciado das células que compõem estas unidades dentro da árvore hierárquica. Os solos da unidade Ivaí apresentaram-se bem separados à esquerda do dendrograma e com distância euclidiana igual a 1,3. Os solos da unidade Encalhado também apresentaram distância semelhante ao primeiro (1,12), mas estão inseridos dentro da árvore entre os Solos Litólicos e as terras roxas estruturadas. Isto deve-se, provavelmente, às condições de superfície destes solos. A parte superficial dos solos da unidade encalhado apresenta-se igualmente avermelhada como os solos localizados nas porções elevadas do terreno. Com isto, os valores de níveis de cinza destes solos aproximam-se mais daqueles cuja coloração mantém-se no vermelho do que os solos com a parte superficial mais clara, como é o caso dos solos da unidade Barreiro. Tal fato pode ser facilmente constatado através de rápida análise dos valores de níveis de cinza já discutidos nas tabelas 15 a 21.

Figura 17 - Dendrograma referente a 106 células escolhidas de diferentes unidades fisiográficas e submetidas a uma reanálise de agrupamentos.

L = Latossolo Roxo

TL = Terra Roxa Estruturada latossólica

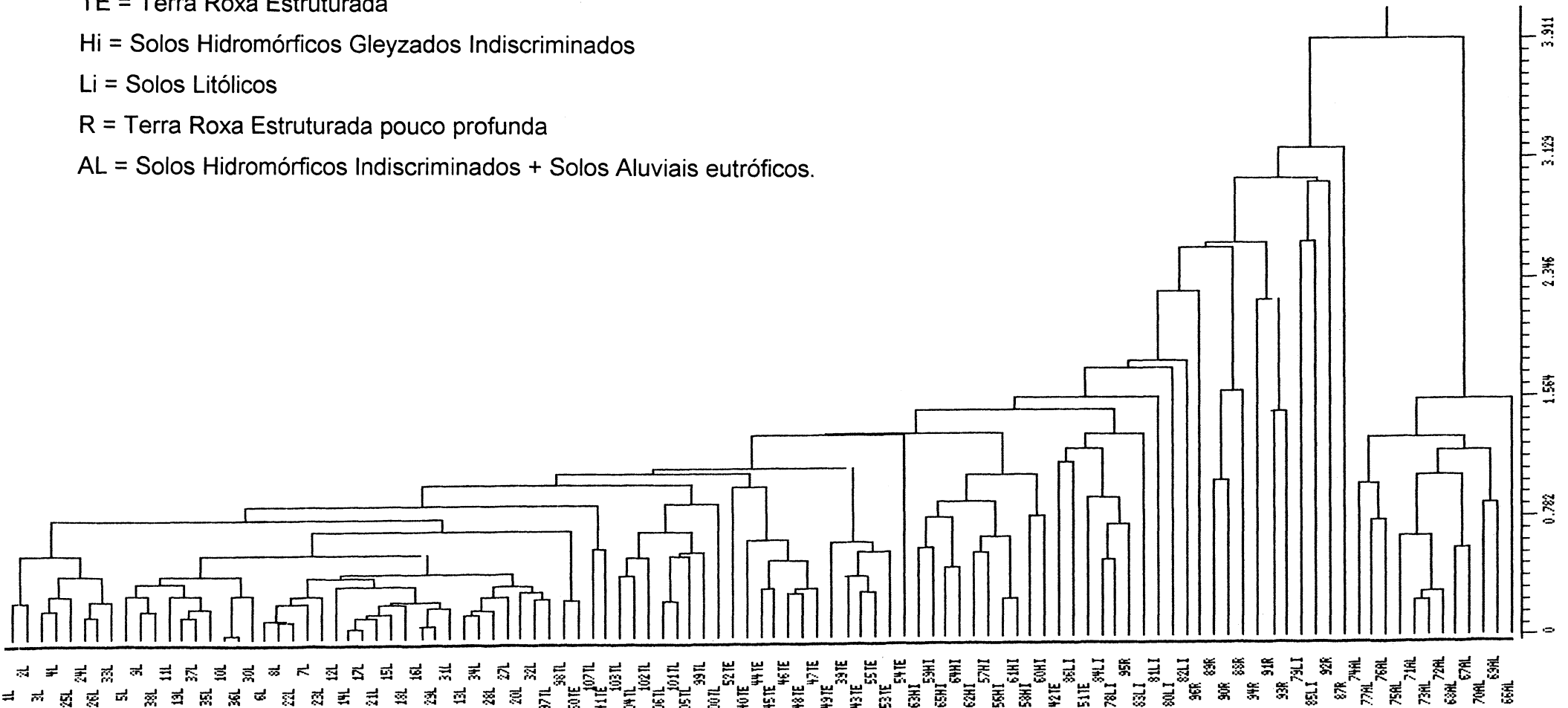
TE = Terra Roxa Estruturada

Hi = Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados

Li = Solos Litólicos

R = Terra Roxa Estruturada pouco profunda

AL = Solos Hidromórficos Indiscriminados + Solos Aluviais eutróficos.



9 CONCLUSÕES

Condicionadas aos objetivos gerais expostos no início deste trabalho e dos resultados alcançados pela metodologia empregada, chegou-se às seguintes conclusões:

a) Em relação ao mapeamento de solos:

- A unidade taxonômica mais expressiva da área de estudos é o Latossolo Roxo, seguido pela Terra Roxa Estruturada. Os solos de menor expressão cartográfica foram o Latossolo Vermelho-Escuro e os Solos Aluviais.

- Os solos mapeados através da metodologia utilizada apresentaram-se bastante homogêneos na maioria das suas características morfológicas, químicas e físicas.

b) Em relação ao uso do geoprocessamento e da análise de agrupamentos para a delimitação de unidades fisiográficas:

- A utilização de um pictograma como guia para a separação e delimitação das unidades fisiográficas sobre as imagens orbitais mostrou-se bastante satisfatória para os propósitos estabelecidos, reduzindo consideravelmente a subjetividade do fotointérprete.

- Os pictogramas puderam ser montados com grande eficiência a partir dos agrupamentos de células obtidos através da análise de cluster.

- A divisão da área em oito parcelas não acarretou prejuízos para a análise de agrupamentos.

- A utilização da análise de agrupamentos possibilitou a separação de unidades fisiográficas em níveis seguros, atrelados a valores numéricos, representados pelos coeficientes de semelhança e os agrupamentos formados pelos indivíduos identificados dentro do dendrograma.

- A utilização integrada entre SGI/SITIM mostrou-se, mais uma vez, uma poderosa ferramenta para a realização de mapeamentos de solos à nível de semidetalhe.

- A sobreposição da rede de drenagem nas imagens eleva a capacidade fotointerpretativa para delimitação das unidades fisiográficas no monitor.

- Dentro de um enfoque de natureza qualitativa, das variáveis utilizadas na composição da matriz de dados para a execução da análise multivariada, a rede de drenagem apresentou-se potencialmente válida para a separabilidade entre as células que compõem a grade regular. O relevo e os níveis de cinza das bandas do TM-LANDSAT também apresentaram-se de forma satisfatória.

c) Em relação ao uso do Sensoriamento Remoto:

- A composição colorida formada pela sobreposição das bandas SX2, SX3 e SX1 linearmente contrastadas e filtradas, nos canais R, G, B respectivamente, foi a que apresentou maior destaque dos temas que auxiliou para a delimitação das unidades fisiográficas.

- A Banda SX3 foi a que apresentou maior visibilidade dos temas quando analisada isoladamente.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGBU, P. A.; FEHRENBACHER, D.; JANSEN, I. J. Soil property relationships with SPOT satellite digital data in east central Illinois. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 54, p. 807 - 812, 1990a.
2. AGBU, P. A.; NIZEYIANA, E. Comparison between spectral mapping units derived from SPOT image texture and field soil map units. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Fall Church, v. 57, n. 4, p. 397 - 405, 1991.
3. ALMEIDA, F. F. M. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto de Geologia e Geografia**. São Paulo, v. 41, p. 169 - 263, 1964.
4. AMARAL, A. Z.; AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo : Ed. da Universidade de São Paulo, 1972. p. 429 -442.
5. ANDERSON, J. R; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro : IBGE, 1979. 80 p.
6. ANDERSON, P. S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira da Cartografia, 1982. 136 p.
7. ANDRONIKOV, V.L.; DOBROV.'SKIY, G.V. Theory and methods for the use of remote sensing in the study of soils. **Mapping Sciences & Remote Sensing**, Silver Spring, v. 28, n. 2, p. 92-101, 1991.
8. ARAÚJO, C.A.G. Correção geométrica de imagens : uma abordagem para o registro de imagens digitais Landsat-TM apoiado em cartas topográficas de grande e média escala. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1986 , Gramado. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1986. p. 526 - 530.

9. ASSUNÇÃO, G. V.; FORMAGGIO, A. R.; ALVES, A. R. Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando sgi e imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, 1990, Manaus. **Anais...** São José do Campos : INPE, 1990, p. 162 - 166.
10. BARROS, Z. X. **Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada.** Botucatu. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Botucatu. 1988.
11. BAUMGARDNER, M. F.; STONER, E. R. Soil mineralogical studies by remote sensing. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 12., 1982, New Delhi. ISSS. **Anais...** 1982. p. 419 - 441.
12. BIE, S. W.; BECKETT, P. H. T. Comparison of four independent soil surveys by air-photo interpretation, Paphos area (Cyprus). **Photogrammetria**, Amsterdam, v. 29, p. 189 -202, 1973.
13. BISWAS, R. R.; SINGH, C. P. Capability of TM data form evaluation of soil an land resources in the Malwa Plateau (Chambal and Mahi catchment) in Madhya Pradesh, India. **International Journal of Remote Sensing**, Hants, v. 12, n. 9, p. 1905 - 1913, 1991.
14. BITTENCOURT, A. V. L. Aspectos hidrogeoquímicos da alteração intempérica de basaltos da bacia do Paraná : bacia hidrográfica do Jacutinga (P.R.). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, p. 202 - 212, 1980.
15. BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. IN: MANUAL of photographic interpretation. Washington : American Society of Photogrammetry, 1960. Chapter 11. p. 633 - 666.
16. BOWERS, S. A.; HANKS, R. J. Reflection of radiant energy from soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 100, n. 2, p. 130 - 138, 1965.
17. BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E.S.; ANDRADE, D. F. de. Introdução à análise de agrupamentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE ESTATÍSTICA, 9., 1990, São Paulo. São Paulo : Associação Brasileira de Estatística, 1990. 105 p. Publicação Avulsa.
18. CARNEIRO, C. M. R.; AZOLIM, M. A. D. Utilização de imagens MSS do ERTS 1 em levantamentos de solos em comparação com fotografias aéreas verticais. **Revista Centro Ciências Rurais**, v. 6, n. 1, p. 55 -66, 1976.
19. CARROL, D. M. Remote sensing. Techniques and their application to soil science: part 1. the photographic sensors. **Soil & Fertilizers**, v. 36, n.7, p. 259 - 266. 1973.
20. CARROL, D. M. Remote sensing. Techniques and their application to soil science: part 2. the non-photographic sensors. **Soil & Fertilizers**, v. 36, n.8, p. 314 - 320. 1973.

21. CARVALHO, W. A.; FRANÇA, G. V.; CURI, P. R. Aplicação de análise multivariada na discriminação de unidades de solos, mediante parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, em Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 195-203, 1990.
22. CIPRA, J. E.; BAUMGARDNER, M. F.; STONER, E. R.; MacDONALD, R. B. Measuring radiance characteristics of soil with a field spectroradiometer. **Soil Science Society American Proceeding**, Madison, v. 35, p. 1014 - 1017, 1971.
23. CIPRA, J. E.; FRANZMEIER, D. P.; BAUER, M. E.; BOYD, R.K. Comparasion of multispectral measurements from some nonvegetated soils using Landsat digital data and a spectroradiometer. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, p. 80 - 84, 1980.
24. CONDIT, H. R. The spectral reflectance of american soils. **Photogrammetric Engineering**, Falls Church, v. 36, n. 9, p. 955 - 66, 1970.
25. CREPANI, E. **Principios básicos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos : CNPQ/INPE. 1983. 45 p.
26. CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas : UNICAMP, 1992. 170 p.
27. CURI, P. R. Análise de agrupamentos: métodos sequenciais, aglomerativos e hierárquicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1416 - 1429, 1983a.
28. CURI, P. R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e de distância. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 11, p. 1678 - 1685, 1983b.
29. DONZELI, P. L.; VALÉRIO FILHO, M.; NOGUEIRA F. P.; PEREZ FILHO, A.; KOFFLER, N. F. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 89 - 94, 1983.
30. DEPARTAMENT INFORMATIQUE de l' IUT de NICE. **Chadoc/VS**, Nice, 1986. 142 p.
31. DWIVEDI, R. S. The utility of data from various airborne sensors for soil mapping. **International Journal of Remote Sensing**, Hants, v. 6, n. 1, p. 89 - 100, 1985.
32. DWIVEDI, R. S.; RAVI SANKAR, T. Principal component analysis of LANDSAT MSS data for delineation of terrain features. **International Journal of Remote Sensing**, Hants, v. 13, n.12, p. 2309 - 2318, 1992.
33. EDWARD, J. **dBASE III PLUS : guia do usuário**. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1987. 432 p.

34. EIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Abordagens de uso de número digital e de reflectância em sensoriamento remoto com dados de satélites. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. **Anais...** São José do Campos : INPE, 1988, p. 400 - 405.
35. EMBRAPA. SNLCS. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979.
36. EMBRAPA. SNLCS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Curitiba, 1984. (Boletim Técnico, 57).
37. EMBRAPA. SNLCS. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS.** Rio de Janeiro, 1988. 67 p.
38. EMBRAPA. SNLCS. **Normas e critérios para levantamento pedológicos.** Rio de Janeiro, 1989. 94 p. (documento não editado).
39. ENGESPACO. **Manual do Usuário - SITIM 340/SGL.** São José dos Campos : INPE. 1989.
40. EIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Estudo de umidade do solo através de dados de reflectância. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990, Manaus. São José dos Campos : INPE/SBC, 1990, p. 269 - 285.
41. ERTHAL, G. J.; ALVES, D. S.; CÂMARA, G. Modelo de dados geo-relacional : uma visão conceitual de um sistema geográfico de informações. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 1, 1988, Petrópolis. 1988.
42. ESPÍNDOLA, C. R.; GARCIA, G. J. Interpretação fotográfica de redes de drenagem em diferentes categorias de solos. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 35, p. 71 - 94, 1978.
43. ESTES, J. E.; SIMONETT, D. S. Fundamentals of image interpretation. In: **MANUAL of Remote Sensing.** Falls Church : American Society of Photogrammetry, 1975. Chapter 44. p. 869 - 1073.
44. FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J. Aplicações de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5.; 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1988, p. 485 - 490.
45. FRANÇA, G. V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba.** Piracicaba, Editora da USP, 1968. 151 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - USP, ESALQ, 1968.

46. FRAZIER, B. E.; CHENG, Y. Remote sensing of soils in the eastern Palouse region with landsat thematic mapper. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 28, p. 317 - 325, 1989.
47. FROST, R. E. Photointerpretation of soils. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation**. Falls Church, 1960. Chapter 5. p. 393 - 402.
48. GARCIA, G. J. **Sensoriamento Remoto : princípios e interpretação de imagens**. São Paulo : Nobel, 1982. 357 p.
49. GASTELLU-ETCHEGORRY, J. P.; MOHR, H. V. M.; HANDAYA, A.; SURJANTO, W. J. An evaluation of SPOT capability for mapping the geology and soils of Central Java. **International Journal of Remote Sensing**, Hants, v. 11, n.4, p. 685 - 702, 1990.
50. GERBERMANN, A. H.; NEHER, D. D. Reflectance of varying mixtures of a clay soil and sand. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v. 45, n. 8, p. 1145 - 1151, 1979.
51. GIMENEZ FILHO, A.; PIRES NETO, A. G.; RICCOMINI, C.; et al. **Mapeamento geológico do bloco SF-22-T (ACS-73)**. São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 69 p. (Relatório n. 14845).
52. GOOSEN, D. **Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos**. Roma : Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentacion, 1968. (Boletin sobre suelos n. 6).
53. HE, D.; WANG, L. Texture unit, texture spectrum, and texture analysis. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 28, n. 4, p. 509 - 512, 1990.
54. HILWIG, F. W.; KARALE, R. L. Physiographic systems and elements of photo-interpretation as applied to soil survey in Ganges Plain. **Indian Society of Soil Science Journal**, v. 21, n. 2, p. 205 - 212, 1973.
55. HILWIG, F. W.; GOOSEN, D.; KATSIERIS, D. Preliminary results of the interpretation of ERTS-1 imagery for a soil survey of the Mérida Region, Spain. **ITC Journal**, v. 3, p. 289 - 312, 1974.
56. HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**. Boulder, v.56, p. 275 - 370, 1945.
57. IMHOFF, M. L.; PETERSEN, G. W.; SYKES, S. G.; IRONS, J. R. Digital overlay of cartographic information on Landsat MSS data for soil surveys. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Fall Church, v. 48, n. 8, p. 1337 - 1342, 1982.

58. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1978. 41 p.
59. JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing : a remote sensing perspective**. New Jersey : Prentice-Hall, 1986. 379 p.
60. KING, C. **Etude des sols et des formations superficielles par teledetection: Approche de leurs caractéristiques spectrales, spatiales et temporelles dans le visible et le proche Infra-Rouge**. Paris, 1985. 174 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Institut National Agronomique, Grignon, 1985.
61. KIRCHNER, F.P.; MITISHITA, E.A.; PREOSCK, R.E. **Processamento digital de imagens orbitais como ferramenta no monitoramento de áreas degradadas**. In: ENCONTRO PARANAENSE DE REABILITAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS, 2.; 1988, São Mateus do Sul. **Anais...** São Mateus do Sul, 1988. 33 p.
62. KOFFLER, N. F. **Análise aerofotográfica na influência da área de amostragem circular na caracterização quantitativa do padrão de drenagem**. São José dos Campos : INPE, 1976.
63. KRISTOF, S. J.; ZACHARY, A.L. **Mapping soil features from multispectral scanner data**. **Photogrammetric Engineering**. Falls Church, v. 40, n. 12, p. 1427 - 1434, 1974.
64. LARACH, J. O. I. **Bases para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro : EMBRAPA/SNLCS, 1981. 91p.
65. LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 10. ed. São Paulo : Ed. Nacional, 1987. 397 p.
66. LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas : SNLCS/SBCS, 1984. 37 p.
67. LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas : SBCS, 1983. 175 p.
68. LIMA, V. C. **Caracterização e classificação de solos derivados de eruptivas básicas do terceiro planalto paranaense**. Piracicaba : Editora da USP, 1979. 249 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ, USP, 1979.
69. LUEDER, D. R. **Aerial Photographic Interpretation : principles and applications**. New York : McGraw-Hill, 1959. 462p.
70. MAAK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro : José Olympio, 1981. 450 p.

71. MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo : Nobel, 1977. 253 p.
72. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Manual de levantamento de suelos**. Caracas, 1965. p. 37 - 62.
73. MITISHITA, E.A.; KIRCHNER, F.P.; ANDRADE, J. B. de; DESTRO, J. N.; PROSCK, R.E. **Transformação de entidades naturais e artificiais para o sistema cartográfico, obtidas a partir de imagens digitais de satélite**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5.; 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1988. p. 497 - 502.
74. MULDER, A. M.; EPEMA, G. F. **The thematic mapper : a new tool for soil mapping in arid areas**. ITC Journal, Netherlands, p. 24 - 29, 1986.
75. MYERS, V. I. Crops and soils. In: **MANUAL of remote sensing**. Fall Church : American Society of Photogrammetry, 1975, Chapter 22, p. 1715 - 1807.
76. MYERS, V. I. Remote sensing applications in agriculture. In: **MANUAL of remote sensing**. 2. ed. Fall Church : American Society of Photogrammetry, 1983. Chapter 33, p. 2119 - 2136.
77. NANNI, M. R.; NANNI, E. L. **Geração de grade regular através de importação de dados via ASCII pelo SGI através de software em linguagem C**. 1993a. No prelo.
78. NANNI, E. L.; NANNI, M. R. **Produção de um software para interfaciamento entre um Sistema de Informações Geográficas e um banco de dados Dbase III Plus**. 1993b. No prelo.
79. NETTO, J. S. M.; POUGET, M.; BEDIDI, A. et al. Estimativa de teores de hematita em latossolos com imagens TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1993a. v. 3, p. 242 - 248.
80. NETTO, J. S. M.; POUGET, M.; BEDIDI, A.; et al.. **Informações quantitativas sobre a mineralogia dos latossolos à partir da reflectância espectral no visível e infravermelho próximo e médio (400 à 2500 nm)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1993b. v. 3, p. 249 -255.
81. OLIVEIRA, J. B.; MENCK, J.R.F.; BARBIERI, J.L. et al. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo : Quadrícula de Araras**. Campinas : IAC, 1982. 180 p. (Boletim Técnico, 71).
82. OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil : guia auxiliar para seu reconhecimento**. São Paulo : FUNEP/UNESP, 1992. 193 p.

83. PAINE, D. P. **Aerial photography and image interpretation for resource management**. New York : J. Wiley & Sons, 1981.
84. PARANÁ. Secretaria de Estado do Planejamento. Departamento de Estatística. **Estatísticas Municipais**. Ivatuba. 1982.
85. PARADELA, W. R.; DUTRA, L. C. Filtragens digitais de imagens LANDSAT como técnica de auxílio visual na fotointerpretação geológica. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOCIÊNCIAS 31., 1980. **Anais...** Sociedade Brasileira de Geociências.
86. PARRY, J. T.; COWAN, W. R.; HEGINBOTTOM, J. A. Soils studies using color photos. **Photogrammetric Engineering**. Falls Church, v. 35, p. 44 - 56, 1969.
87. RABBen, E. L. Fundamentals of Photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation**. Washington, 1960. Chapter 33, p. 99-186.
88. RAY, R. G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico**. São Paulo : Instituto de Geografia e Geologia, 1963. 162 p.
89. RAY, R. G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography : a geologic research tool. **Photogrammetric Engineering**. Falls Church, v. 26, n. 1, p. 143 - 50, 1960.
90. RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo : Ed. Nacional, 1965. 196 p.
91. RIEDEL, P. S. et al. Relação entre os níveis de cinza e teores de ferro, titânio e alumínio na caracterização das formações superficiais de uma região do centro leste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 5., 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1988, p. 334 - 340.
92. ROCHA, H. O; SCOPEL, I. Utilização de fotografias aéreas no levantamento do meio físico, visando o planejamento conservacionista. In: MANUAL Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo. Curitiba : Secretaria de Agricultura e do Abastecimento, 1989. p. 61 - 68.
93. ROCHA, H. O. **Integração de dados através da análise de agrupamentos e interpretação de imagens orbitais para levantamento de solos**. Curitiba, 1993. 106 p. Tese (Professor Não-Titular) - Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná. Não publicado.
94. ROCHA, H. O.; SCHMIDLIN, D.; CLEMENTE, D.; MOTTER, I.; SIRTOLI, A.; MORAES, M.E.S.; SCOPEL, I. Emprego de imagens LANDSAT - TM e de fotointerpretação aplicada a levantamento de solos na porção sul da serra do mar - PR. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1993, v. 3, p. . 295 - 303.

95. ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia : Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1990. 136 p.
96. SABINS Jr., F. F. **Remote Sensing : principles and interpretations**. San Francisco : W. H. Freeman, 1987. 449 p.
97. SANTOS, M. J. dos; DA SILVA, A. F.; DE QUEIROZ, J. E. R. Comportamento espectral de solos a partir da análise de dados do TM/LANDSAT - 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 5., 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1988, v. 1, p. 898 - 902.
98. SANTOS, M. J. dos; MENINO, I. B; FERNANDES, M. F. Mapeamento pedológico em parte da região semi-árida do Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 6., 1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1990 (a), v. 1, p. 873 - 881.
99. SANTOS, M. J. dos; MENINO, I. B; FERNANDES, M. F. Caracterização das unidades de mapeamento de solos da folha de Itaporanga SB. 24-z-c-II, com base em imagem de satélite e trabalho de campo. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 6., 1990, Manaus. **Anais**. São José dos Campos : INPE, 1990(b), v. 1, p. 892 - 902.
100. SILVA, A. J. F. M.; d'ALGE, J. C. L.; BEZERRA, P. C. R.; BARBOSA, O. C. Correção geométrica de imagens HRV-SPOT. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS CARTÓGRAFOS 5., 1988, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente, 1988, p. 169 - 178.
101. SIMONSON, R. W. **Concept of soil**. Soil Conservation Service. Washington : United State Department of Agriculture, 1950. 47 p.
102. SIMONSON, R. W. The U.S. soil survey - contributions to soil science and its application. **Geoderma**, Amsterdam, v. 48, p. 1- 16, 1991.
103. SINGH, A. N.; DWIVEDI, R. S. The utility of LANDSAT imagery as an integral part of the data base for small-scale soil mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 9, p. 1099 - 1108, 1986.
104. SOUZA, M. L. P. **Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no município de Ponta Grossa, PR**. Piracicaba : Editora da USP, 1975. 135 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, USP, 1975.
105. STEFFEN, C. A.; SOUZA, R. C. M. de. Sistema LANDSAT. In: **CURSO de treinamento : aplicações de sensoriamento remoto, com ênfase em imagens LANDSAT, no levantamento de recursos naturais**. São José dos Campos : INPE, 1980. p. 1 - 24.

106. STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven : **Transamerican Geophysics University**, v. 38, p. 913 - 920, 1957.
107. STONER, E. R. & BAUMGARDNER, M. F. Characteristic variations in reflectance of surface soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 45, p. 1161 - 1165, 1981.
108. SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianopolis : Editora da UFSC, 1990. 183 p.
109. ULBRICHT, K. A.; TEOTIA, H. S. Use of landsat thematic map.per imagery for soil and landuse investigations in Paraiba, Brazil. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT 20.**, 1986, Nairobi. **Proceedings...** 1986. p. 1059 - 1067.
110. VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N. T.; CARVALHO, V. C. **Avaliação das imagens orbitais (Landsat - 1) como base para o levantamento de solos**. São José do Campos : INPE/CNPQ, 1976. 276 p. 19
111. VALÉRIO FILHO, M.; QUEIROZ NETO, J. P.; KOFFLER, N. F.; NAKASHIMA, P. et al. **Reconhecimento dos grandes domínios pedológicos na bacia do Paraíba (parte ocidental) através de imagens Landsat**. São José dos Campos : INPE, 1979. 53p.
112. VALÉRIO FILHO, M.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em pedologia**. São José dos Campos : INPE/CNPQ, 1981. 52 p.
113. VALERIO FILHO, M. **Parametros da drenagem e do relevo na carcterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala**. Piracicaba : Editora da USP, 1984. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ, USP, 1984.
114. VETORAZZI, C. A. **Interpretação de imagens TM/Landsat - 5, em duas escalas, na caracterização fisiográfica para mapeamento de solos**. Piracicaba : Editora da USP, 1988. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ, USP, 1988.
115. VETTORAZZI, C. A.; DO COUTO, H. T. Z. Análise da exatidão de classificação em mapas de solos obtidos através da interpretação de imagens orbitais em duas escalas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 6.**, 1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1990. p. 769 - 775.
116. VINK, A. P. A. **Fotografias aéreas y las ciencias del suelo**. PARIS : UNESCO. 1963.

117. WAY, D. S. **Terrain Analysis**. 2. ed. Stroudsburg : Dowden, Hutchinson & Ross, 1978. 438 p.
118. WEILAND, S. **ERTS data user handbook**. Maryland : NASA, 1979.
119. WESTIN, F. C. ERTS-1 MSS imagery: its use in delineating soil associations and as a base map for publishing soil informations. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM 3.**, 1973, Washington. **Proceedings**. Washington : NASA, 1973, v. 1, p. 183 - 204.
120. WESTIN, F. C.; FRAZEE, C. J. Landsat data, its use in a soil Survey program. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 40, p. 81 - 89, 1976.
121. YOUNG A. **Tropical soils and soil survey**. Cambridge : Cambridge University Press, 1976. 468 p.

ANEXOS

1 DESCRIÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDOS.

Este anexo apresenta a descrição das unidades de solos que foram identificadas na área de estudos. Os dados relativos as propriedades químicas, físicas e morfológicas são aqui apresentados e discutidos. Com isso pretende-se fornecer a usuários deste levantamento caracterizações mais pormenorizadas a respeito das classes de solos que compõe certa porção da área agrícola do noroeste do estado do Paraná.

1.1 LATOSSOLOS

Estes solos apresentam Horizonte B latossólico, profundos, abaixo de um Horizonte A moderado. São os solos mais importantes, do ponto de vista espacial e agrícola da área de estudos, ocupando cerca de 71,42% do total.

Foram identificados duas classes de latossolos: Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro, sendo este último, de pequena expressão espacial, em relação ao primeiro. O Latossolo Roxo, foi subdividido em categorias mais baixas no nível categórico com base no caráter trófico.

1.1.1 LATOSSOLOS ROXOS

Estes solos, originários de saprolito proveniente do intemperismo de rochas básicas do derrame do Trapp, que ocorre em boa extensão do norte e sudoeste do território paranaense, apresentam elevados teores de óxidos de ferro, manganês e titânio.

Os elevados teores de óxidos de ferro, representados principalmente pela hematita e magnetita, conferem a estes solos colorações vermelhas que variam entre 10R e 2,5YR com relação valor/croma igual ou menor que 3,5/5 como descrito em OLIVEIRA et al. (1982), EMBRAPA (1984), e OLIVEIRA, JACOMINE & CAMARGO (1992).

A presença de magnetita, confere a estes solos elevada atração ao ímã, principalmente quando secos e pulverizados. Este teste, adotado a campo, possibilitou a diferenciação deste solos com os Latossolos Vermelho-Escuros, mas não foram adequados quando empregados na diferenciação com a Terra Roxa Estruturada. O mesmo ocorreu com o uso de água oxigenada, que reagindo energicamente com o manganês, despreende o oxigênio, dando a impressão de ebulição do material. Tal fato também constatado por OLIVEIRA et al. (1982), exprime a necessidade de maiores cuidados à campo na diferenciação dos Latossolos Roxos e Terras Roxas Estruturadas, particularmente quando comparados através de amostras retiradas via tradagem, onde as condições de estrutura e cerosidade nem sempre são devidamente preservadas.

Em relação a disposição destes solos ao longo do relevo, observa-se no mapa que sua distribuição é relativamente uniforme, ocupando principalmente os topos planos, podendo em alguns casos, devido as condições de declividade e tamanho de rampa, atingirem até a proximidade dos cursos d'água.

A profundidade destes solos atinge vários metros, podendo chegar em alguns pontos mais elevados e planos valores que ultrapassam uma dezena.

Todos os pontos amostrados e observados apresentaram textura muito argilosa e argilosa para o horizonte diagnóstico de subsuperfície, com reduzidos teores de areia e silte. Outras características são apresentadas na Tabela 22. Nesta Tabela estão apresentados os valores máximos, mínimos e médios de algumas características dos latossolos roxos obtidos através da análise de 37 amostras superficiais e subsuperficiais.

Tabela 22 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS LATOSSOLOS ROXOS.

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	37	7,20	5,78±0,18	4,70	9,49
	b	37	6,40	5,34±0,13	4,60	7,52
Carbono ¹	a	37	2,66	1,19±0,18	0,25	45,63
	b	37	0,95	0,59±0,05	0,22	25,62
m ¹	a	37	26,80	2,65±2,21	0,00	251,35
	b	37	56,50	11,69±5,07	0,00	130,69
CTC ²	a	37	19,66	12,43±0,98	6,16	23,77
	b	37	13,00	9,40±0,62	5,99	20,03
T ³	a	37	19,07	10,20±1,21	4,92	35,74
	b	37	14,03	8,41±0,78	3,37	28,00
S ²	a	37	15,06	7,98±1,00	3,06	37,74
	b	37	8,41	4,74±0,60	1,11	38,59
V ¹	a	37	84,27	62,63±4,01	34,14	19,30
	b	37	65,14	48,98±4,30	16,30	26,48
Argila ¹	a	37	85,50	70,61±3,81	37,20	16,25
	b	37	88,10	79,36±2,46	56,40	9,35
Silte ¹	a	37	28,00	18,30±1,77	7,70	29,23
	b	37	20,50	12,39±1,21	5,20	29,42
Areia fina ¹	a	37	23,00	6,90±2,07	1,00	90,55
	b	37	17,00	5,11±1,50	1,10	88,30
Areia grossa ¹	a	37	28,00	4,19±2,11	0,20	152,25
	b	37	20,00	3,14±1,46	0,00	140,66
		¹ %	² meq/100g de TFSA		³ meq/100 g de argila	

Observa-se que o teor de carbono da porção superficial dos solos varia de 0,25 a 2,66 com valores médios de 1,19. A variação deve-se basicamente a atividade

agrícola e manejo diversificado para cada propriedade, o mesmo ocorrendo com a saturação de bases, que apresenta valor médio relativamente elevado na camada superficial (7,98 meq/100 g solo), decrescendo à 4,74 meq/100 g solo nas camadas subsuperficiais. Apesar dos valores de C.V. estarem um tanto elevados para os teores de carbono em superfície e subsuperfície, a amplitude é reduzida, não sendo maior que 2 pontos percentuais para as camadas superficiais e de 1 ponto percentual para a de subsuperfície. É observável também que ocorre grande amplitude dos dados relativos à saturação de bases (mínimo de 34,14 meq/100 g solo e máximo de 84,27 meq/100 g de solo), uma vez que os dados refletem a comunidade de latossolos roxos, independente de seu caráter trófico, o mesmo ocorrendo com os teores de alumínio.

A capacidade de troca catiônica (T) destes solos apresentou um valor médio de 8,41 meq/100 g de argila já corrigido do carbono, o que reflete seu elevado grau de intemperização, já constatado por BITTENCOURT (1980).

Os latossolos roxos identificados na área de estudos apresentaram-se bastante homogêneos nas suas características morfológicas e analíticas (argila e silte, pH, teores de carbono na camada b e CTC). Por isso, os latossolos roxos desta área foram subdivididos em um nível categórico mais baixo apenas pelos valores de saturação de bases e o teor de soma de bases do Horizonte B.

A granulometria pode variar de muito argilosa e argilosa, e no caso de amostras coletadas na Unidade Fazenda do Salto, os teores de argila e silte decrescem em relação aos teores de areia total que aumentam. Apesar dos elevados teores de argila, estes solos apresentam elevada porosidade, sendo comuns valores acima de 50% nos Horizontes subsuperficiais. Devido ao intenso tráfego agrícola, existem por quase toda a área de estudos, uma camada adensada, que varia de acordo com as condições de manejo, mas normalmente presente na faixa de 25 a 35 cm de profundidade.

A necessidade de se recorrer ao dados analíticos para diferenciação do Latossolo Roxo eutrófico em relação ao Latossolo Roxo distrófico é imprescindível, uma vez que torna-se praticamente impossível separá-los à campo, devido ao fato de estarem em condições geomorfológicas iguais e apresentarem características morfológicas semelhantes aliadas ao fato de estarem em intensa exploração agrícola, com o uso generalizado de fertilizantes e corretivos.

São apresentados a seguir as características das unidades de Latossolo Roxo em nível categórico mais baixo.

1.1.1.1 UNIDADE FAZENDA IVATUBA (LRd)

a) Classificação

Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura muito argilosa, relevo plano a suave ondulado.

b) Localização na Paisagem

Os solos desta unidade ocorrem basicamente em relevo plano a suave ondulado tanto nas posições de topo como também nas meia encostas. Em alguns locais aproximam-se dos cursos d'água devido as condições de declividade.

c) Características morfológicas

- Horizonte A

Em geral estes solos, devido a sua intensa utilização agrícola, apresentam horizonte Ap que pode estar seguido ou não de um horizonte AB. A sua textura é sempre muito argilosa ou argilosa e a consistência variando de ligeiramente dura a dura, friável, muito plástica e pegajosa. Sua coloração varia de 5YR a 2,5YR e valor/croma de 3/4 ou 4/4. Sua espessura normalmente não ultrapassa os 35 cm mas podendo chegar, em alguns pontos até 65-70 cm. A estrutura original já destruída pelo intenso uso agrícola impede sua classificação, não existindo unidades estruturais bem definidas. O que se observa são blocos de variados tamanhos (pequenos, médios e grandes), mas sem uma superfície de fraqueza definida, sendo comumente designada por torrões. O único perfil observado sob mata possibilitou a observação de estrutura original granular fortemente desenvolvida em conjunto com blocos subangulares pequenos e muito pequenos com fraco desenvolvimento no horizonte superficial.

Em locais onde a pulverização do solo pelo manejo é acentuada, observa-se próximo aos camalhões das curvas de nível, grande quantidade de grânulos hematíticos e magnetíticos além de óxidos de manganês e titânio.

- Horizonte B

Através da análise de perfil sob mata e corte em estrada, observa-se neste horizonte homogeneidade de suas características morfogenéticas. A coloração está centralizada no matiz 2,5YR com relação valor croma variando entre 4/6 e 3/6. A separação entre horizontes AB e BA torna-se bastante difícil, sendo que estes dois horizontes diferem do horizonte Bw2 por apresentarem croma ligeiramente mais escuro e estrutura formada por grânulos e certos componentes estruturais compostos por blocos fracamente desenvolvidos, enquanto que a parte subsuperficial é representada por estrutura granular fortemente desenvolvida. O horizonte Bw3 dos perfis analisados não foi observado, uma vez que sua profundidade não era adequada para visualização deste.

d) Características Analíticas

São apresentados na Tabela 23 valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

Os resultados obtidos de 8 pontos de coleta para a camada superficial e subsuperficial revelam a homogeneidade da classe uma vez que o coeficiente de variação (C.V.) para as amostras apresentou-se, para a maioria das características, com valores reduzidos .

- pH. O valor médio para o pH destes solos foi de 5,16 para a camada superficial e 5,12 para a de subsuperfície mostrando serem estes solos ácidos, mantendo-se portanto a constante preocupação com calagem corretiva.

Tabela 23 - MÉDIA (x), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.s.x) DE VÁRIAS CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL(a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE FAZENDA IVATUBA (LRd).

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	8	5,50	5,16±0,22	4,70	5,30
	b	8	5,60	5,12±0,23	4,70	5,35
Carbono ¹	a	8	1,33	0,94±0,24	0,36	30,92
	b	8	1,26	0,63±0,25	0,22	48,73
m ¹	a	8	24,70	8,43±7,29	0,00	24,70
	b	8	43,21	19,01±13,51	0,00	85,18
CTC ²	a	8	14,88	10,61±1,98	8,17	22,45
	b	8	12,75	8,24±1,55	6,00	22,63
T ³	a	8	13,15	8,25±2,31	4,92	33,56
	b	8	12,60	6,74±2,39	3,16	42,53
S ²	a	8	6,66	4,88±0,98	3,17	24,03
	b	8	4,65	2,87±0,91	1,10	38,13
V ¹	a	8	57,55	46,53±7,25	34,14	18,69
	b	8	56,36	34,89±10,02	16,30	34,44
Argila ¹	a	8	80,00	77,06±1,90	73,76	2,96
	b	8	83,80	79,66±2,44	75,00	3,68
Silte ¹	a	8	21,38	18,09±1,65	15,30	10,94
	b	8	20,50	15,85±2,18	12,40	16,48
Areia fina ¹	a	8	4,50	3,40±0,50	2,50	17,76
	b	8	4,00	3,05±0,66	1,20	26,17
Areia grossa ¹	a	8	4,50	1,45±1,00	0,30	83,10
	b	8	3,80	1,43±0,83	0,70	69,78
¹ %		² meq/100g de TFSA			³ meq/100 g de argila	

- Carbono. Os valores médios encontrados para a camada superficial e subsuperficial foram 0,94% e 0,63%. Esses valores, quando comparados com aqueles apresentados pelos latossolos eutróficos, apresentaram na superfície valores menores e na subsuperfície valores maiores. Ressalta-se que no caso destes solos, certas amostras superficiais foram extraídas sob mata, o que não ocorreu nos latossolos da unidade Fazenda Ivatuba. Pode-se esperar portanto que sobre condições estritamente agrícolas, os solos desta unidade venham a ter teores de carbono mais elevados que os da unidade Sataró, pelo menos para a camada superficial, uma vez que nesta unidade foi encontrado o menor valor de carbono (0,22%) em subsuperfície de toda a área de estudo.

- Soma de bases (S). Os valores médios encontrados foram de 4,88 meq/100 de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) para a camada superficial e de 2,87 meq/100g TFSA, valores um tanto elevados para solos distróficos, principalmente na camada superficial. Isto deve-se basicamente ao uso intenso de fertilizantes e corretivos por parte dos agricultores, que tentam elevar a fertilidade do solo. Como não foram coletadas, para esta unidade, amostras em condições de mata nativa, fica difícil definir se, em condições naturais, estes solos apresentariam ou não valores semelhantes aos encontrados. As amostras coletadas sobre mata nativa da unidade Sataró demonstraram valores médios próximos a estes na subsuperfície (abaixo de 110 cm).

Observa-se ainda que a amplitude entre os valores máximos e mínimos é relativamente baixa, com um C.V. de 24% e 38% para as camadas e superfície e subsuperfície respectivamente, quando comparados com aqueles encontrados por OLIVEIRA et al. (1982). Esta unidade foi a que apresentou o menor valor de soma de bases para o horizonte B (1.10 meq/100 g de TFSA).

- Saturação de bases (V). Por serem distróficos, estes solos apresentaram valores abaixo de 50% de saturação ficando os valores médios em torno de 46% para a camada superficial e 35% para a de subsuperfície. Devido a presença de inclusões e variações, a Tabela apresenta valores máximos para ambas as camadas maiores do que o estabelecido para a divisão de trofismo. Conseqüentemente à soma de bases, esta unidade também apresentou o menor valor de saturação de bases (16,30%).

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). A tabela apresenta os valores de CTC e T. O primeiro refere-se a CTC da TFSA, onde inclui os valores apresentados

pela matéria orgânica. Já o segundo representa os valores da troca catiônica em 100 g de argila, já descontado os valores relativos ao carbono orgânico. Observa-se valores médios de CTC baixos para ambas camadas, mesmo com a contribuição do carbono, com uma baixa amplitude entre os valores mínimos e máximos. O valor médio de T (6,74 meq/100g de argila) é o segundo mais baixo de todas as unidades mapeadas, ficando acima apenas da unidade Porto da Areia.

- Saturação em alumínio (m). Os valores médios encontrados para as camadas foram baixos, não sendo encontrado em nenhum dos pontos amostrados valores superiores a 50%, não existindo portanto solos álicos nesta unidade.

- Granulometria. Como já descrito, e através da observação dos resultados, estes solos são caracterizados como muito argilosos, tanto para camada superficial como a de subsuperfície, com valores mínimos de 77 e 80% respectivamente. Observa-se nestes solos porções relativamente elevadas da fração silte. Isto se deve basicamente a composição mineralógica composta por grânulos de óxidos de ferro, titânio e manganês finamente divididos. Apesar de elevados, os valores de C.V. da areia grossa não interferem nos resultados uma vez que a amplitude entre os valores máximos e mínimos não ultrapassam em 4 pontos percentuais.

e) Área Ocupada

Através de cálculo de área realizado pelo SGI, determinou-se cartograficamente 15,24 Km² ou 1524,8 ha perfazendo 16,29 % da área total.

PERFIL DA UNIDADE FAZENDA IVATUBA

Por não ter sido encontrado, durante a realização dos trabalhos de campo, local devidamente adequado para a abertura de perfil ou trincheira, não foi possível a realização da descrição morfológica da unidade Fazenda Ivatuba, ficando apenas, como meio comparativo, as trincheiras abertas em mata da unidade Sataró (LRe).

1.1.1.2 UNIDADE SATARÓ (LRe)

a) Classificação

Latossolo Roxo Eutrófico, A moderado textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado.

Os solos desta unidade apresentam características semelhantes à unidade Fazenda Ivatuba, diferindo apenas nos valores de saturação de bases e soma de bases que são, neste caso, maiores que 50%.

b) Características morfológicas

Devido a semelhança entre as características morfológicas desta unidade com relação a Unidade Fazenda Ivatuba, entendemos ser desnecessária a repetição das mesmas.

c) Características Analíticas

São apresentados na Tabela 24, valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

- pH. Os valores médios para o pH para ambas as camadas destes solos foram um pouco maiores que aqueles observados na unidade Fazenda Ivatuba. Seus valores médios (6,00 e 5,25 para a superfície e subsuperfície respectivamente) demonstram serem ainda solos ligeiramente ácidos, mas não muito distantes das condições necessárias para o bom desenvolvimento das culturas normalmente implantadas na região.

Tabela 24 - MÉDIA (x), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE SATARÓ (LRe).

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	20	6,60	6,00±0,16	5,20	5,95
	b	20	6,40	5,25±0,18	4,90	7,02
Carbono ¹	a	20	2,66	1,34±0,28	0,25	43,77
	b	20	0,78	0,59±0,05	0,36	20,74
m ¹	a	20	1,68	0,11±0,17	0,00	339,81
	b	20	20,38	3,57±2,43	0,00	145,73
CTC ²	a	20	17,17	13,92±0,87	10,32	13,39
	b	20	13,00	10,39±0,69	8,49	14,41
T ³	a	20	19,07	10,45±1,80	5,11	36,85
	b	20	14,03	9,32±0,98	6,10	22,62
S ²	a	20	14,47	9,60±1,04	5,87	23,34
	b	20	8,41	6,04±0,51	4,14	18,18
V ¹	a	20	84,27	68,26±3,90	48,15	12,25
	b	20	65,14	57,94±2,09	46,83	7,75
Argila ¹	a	20	85,50	73,98±3,78	53,90	10,95
	b	20	88,10	83,04±1,75	73,40	4,52
Silte ¹	a	20	28,00	19,15±2,95	7,70	33,00
	b	20	17,80	12,25±1,41	8,10	24,69
Areia fina ¹	a	20	20,00	5,12±2,01	1,60	84,06
	b	20	13,00	3,35±1,18	1,10	75,49
Areia grossa ¹	a	20	9,60	1,75±0,88	0,20	109,57
	b	20	5,50	1,36±0,53	0,00	84,17
¹ %		² meq/100g de TFSA			³ meq/100 g de argila	

- Carbono. Os valores médios de carbono (1,34%) para a camada superficial, foram os maiores dentre os latossolos. No entanto, torna-se necessário relatar que dentre os pontos amostrados, alguns foram extraídos sob mata, chegando a valores máximos de 2,66%, o que não reflete as condições reais da unidade o que pode ser constatado pelos valores mínimos e a amplitude de variação entre os extremos, fazendo com que o C.V. possua um valor de 43,77%.

- Soma de bases (S). Todos os valores apresentados (mesmos os mínimos) da soma de bases são elevados em ambas as camadas. Isto reflete a excelente qualidade química destes solos, enquadrando-os como de elevado potencial agrícola, sendo caracterizados como um dos solos mais férteis do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984). Os maiores valores (14,47 meq/100g TFSA) foram encontrados sob mata, constatando sua elevada fertilidade natural em superfície.

- saturação de bases (V). Os valores médios de 68,26% da camada superficial e de 57,94% da camada subsuperficial refletem o caráter eutrófico deste solo. Dos vinte pontos amostrados, dois foram sob mata. Nestes dois pontos, o solo amostrado apresentou caráter epidistrófico, com valor V de 39,72% e 45,83% para a camada b. É interessante assinalar que coletas efetuadas em áreas agricultáveis próximas as matas apresentaram caráter eutrófico.

- Capacidade de Troca Catiônica (T). O complexo coloidal mineral apresentados por estes solos são relativamente pouco ativos, uma vez que os valores médios de T (10,45 meq/100 g de argila na camada a e 9,32 meq/100g na camada b) são baixos. Isto se deve ao elevado grau de intemperização que ocorre nestes solos. Os valores um pouco mais elevados foram constatados na maioria dos solos na camada superficial, devido a contribuição pela matéria orgânica.

- Saturação em alumínio (m). Estes solos, pela própria condição de trofismo, apresentaram baixos níveis de alumínio sendo o valor máximo em torno de 20%, presente na camada subsuperficial.

- Granulometria. Como no caso dos solos da unidade Fazenda Ivatuba, estes solos apresentam-se muito argilosos em todo o perfil sendo os valores médios para a argila na camada superficial e subsuperficial de 73,96% e 83,04% respectivamente.

d) Área Ocupada

Através de cálculo de área realizado pelo SGI, determinou-se cartograficamente 50,89 Km² ou 5089,4 ha perfazendo 54,38 % da área total.

PERFIL Nº 1. UNIDADE SATARÓ

Classificação - LATOSSOLO ROXO epieutrófico A moderado textura argilosa relevo plano a suave ondulado.

Localização : estrada Ivatuba - Maringá, Km 3, à direita, propriedade do Sr. Alex Girardi, coordenadas geográficas 23° 37' 51.4 (S) e 52° 10' 57.6" (O).

Situação e declive: Trincheira aberta em topo de elevação, plano com 2% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp (basalto), do Grupo São Bento, do Jurássico-Cretáceo.

Material de Origem: Saprolito proveniente da decomposição do basalto.

Relevo Local e Regional: plano e suave ondulado.

Altitude : 345 m.s.n.m.

Drenagem: acentuadamente drenado.

Erosão: não aparente.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual: Mata primitiva.

O_o - 4 - 0 cm, camada constituída basicamente pelo acúmulo de resíduos orgânicos (folhas, ramos, caules e pequenos insetos) facilmente identificáveis (não foi coletado).

A - 0 - 22 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); muito argiloso; forte pequena e média granular e grumosa e fraca blocos subangular pequenos; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

AB 22 - 33 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido) e bruno- avermelhado (2,5YR 4/4, seco); muito argiloso; forte pequena granular e média blocos subangular pequenos; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

BA 33 - 70 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4,6 , seco); muito argiloso; forte pequena granular e média blocos subangulares pequenos e médios; cerosidade fraca; macio; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bw₁ 70 - 103 cm, vermelho (2,5YR 4/6, seco); muito argiloso; forte pequena granular; macio; muito friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Bw₂ 103 - 220 cm⁺, vermelho (2,5YR 4/6, seco); muito argiloso; forte ultrapequena granular; muito friável; plástico e pegajoso.

Observações: por estar localizado sob mata nativa, este perfil apresenta elevado número de raízes nos horizontes superficiais (A e AB), decrescendo a medida em que se vai aprofundando o perfil. A porosidade é elevada tanto nas camadas superficiais como nas de subsuperfície. Ocorre no horizonte A freqüentes canais deixados por insetos (cupins) e raízes apodrecidas. A diferenciação do horizonte A e o horizonte AB deve-se basicamente a coloração mais brunada no primeiro horizonte e o maior teor de material orgânico junto com o material mineral. Entre os horizontes AB e BA a diferenciação deve-se ao fato deste segundo horizonte apresentar uma estrutura subangular um pouco mais desenvolvida que o horizonte superior, com decréscimo no número de raízes, que apesar de se apresentarem em certa abundância, diminuem consideravelmente seu diâmetro. Além disto, este horizonte apresenta certa cerosidade, apesar de ser estabelecida apenas no plano vertical e de cobrir apenas alguns elementos estruturais ou como preenchimento de canais deixados por raízes e radicelas. Esta característica foi também utilizada para a diferenciação deste horizonte com o seu imediatamente abaixo (horizonte Bw₁). Este horizonte não apresenta cerosidade e a estrutura é representada apenas por grânulos fortemente desenvolvidos. A diferenciação entre os horizontes Bw₁ e Bw₂ deve-se basicamente a estrutura ultrapequena granular apresentada neste perfil, com friabilidade muito elevada e com aspecto maciça porosa e a quase ausência de raízes. Foram efetuadas tradagens dentro da trincheira até 120 cm abaixo do Horizonte Bw₂, não sendo constatada nenhuma variação na cor ou estrutura. Foi encontrado carvão principalmente nos horizontes Bw₁ e Bw₂.

Tabela 25 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL DA UNIDADE SATARÓ.

Horizonte		Composição granulométrica da TFSA (%)				relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)			
símbolo	profundidade (cm)	areia grossa	areia fina	silte	argila		real	aparente				
A	0 - 22	0	3	22	75	0,29	2,98	1,57	47,40			
AB	22 - 33	1	3	20	76	0,20	3,22	1,39	56,91			
BA	33 - 70	0	4	19	77	0,22	2,94	1,37	53,42			
B _{W1}	70 - 103	0	3	18	79	0,23	3,28	1,13	65,54			
B _{W2}	103 - 220 ⁺	0	3	18	79	0,23	3,10	1,22	60,64			
pH (1:2,5)		complexo sortivo (meq/100 g)						V (%)	m(%)	C(%)	P (ppm)	
água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	CTC				
6,6	6,1	10,20	4,40	0,37	14,97	0,00	4,70	19,67	76,11	0,00	3,23	5
5,1	4,6	3,10	1,90	0,07	5,07	0,10	4,70	9,87	51,37	1,93	2,40	2
4,9	4,3	2,60	1,00	0,04	3,64	0,26	4,74	8,64	42,13	6,66	0,92	2
4,9	4,4	2,40	1,40	0,03	3,83	0,40	5,10	9,33	41,05	11,33	0,52	2
5,2	4,4	2,10	1,30	0,04	3,44	0,50	5,10	9,04	38,05	20,33	0,48	2

1.1.1.3 UNIDADE PORTO DA AREIA (LRd)

a) Classificação - LATOSSOLO ROXO distrófico epieutrófico A moderado textura muito argilosa relevo plano relevo suave ondulado.

b) Características morfológicas

Durante as prospecções realizadas no levantamento da área de estudos, deparou-se próximo ao local de nome porto da areia, solos com elevados teores de areia sobre a camada superficial. O interesse foi imediato, uma vez que não tratava-se de solos aluviais, principalmente por se posicionar em uma posição de topo em relação ao curso do rio Ivaí. Constatou-se ali solos que, apesar de sua textura argilosa, possuíam valores de areia superiores a 25% em teste de campo. A pequena atração eletromagnética constatada pelo teste do ímã e reação com peróxido de hidrogênio menos acentuada indicava a presença de solos diferenciados aos latossolos roxos dominantes da área de estudos.

Apesar do registro cartográfico destes solos apresentar-se de forma inexpressiva, uma vez que a unidade simples não ultrapassa a 4 áreas mínimas mapeáveis, achou-se devidamente interessante relatá-los em forma de associação destes solos com latossolos roxos com teores mais elevados de areia, pois julgou-se interessante pelo fato de tornarem-se diferenciáveis em relação ao seu uso e manejo.

Os latossolos roxos desta unidade diferenciam-se, dos demais latossolos roxos encontrados no município, devido a presença de maiores teores da fração areia, o que condiciona o aparecimento de matizes mais claras 5YR, e relação valor/croma 4/6.

c) Características analíticas

A Tabela 26 apresenta os valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

Tabela 26 - MÉDIA (\bar{x}), MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE VÁRIAS CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DOS LATOSSOLOS ROXOS PRESENTES NA UNIDADE PORTO DA AREIA (LR distrófico epiutrófico).

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	7	7,20	5,93±0,68	4,70	12,41
	b	7	5,70	5,13±0,32	4,60	6,80
Carbono ¹	a	7	1,38	0,96±0,22	0,59	25,94
	b	7	0,91	0,63±0,10	0,52	18,73
m ¹	a	7	26,80	3,83±8,67	0,00	244,92
	b	7	56,50	21,48±17,42	2,95	87,61
CTC ²	a	7	11,87	9,72±1,69	6,16	18,86
	b	7	10,54	8,35±1,22	6,35	10,54
T ³	a	7	13,71	10,68±2,72	5,05	27,57
	b	7	9,77	7,92±1,28	5,41	17,50
S ²	a	7	8,27	6,16±1,44	3,06	25,43
	b	7	6,04	3,72±1,22	1,45	35,48
V ¹	a	7	75,81	62,71±7,80	49,68	13,42
	b	7	57,31	43,34±9,55	22,83	23,80
Argila ¹	a	7	69,50	52,97±9,55	37,20	19,47
	b	7	81,20	68,28±8,30	56,40	12,93
Silte ¹	a	7	22,70	15,31±4,04	10,90	28,49
	b	7	11,80	8,36±1,76	5,20	22,80
Areia fina ¹	a	7	23,00	17,28±3,65	11,00	22,87
	b	7	17,00	13,08±2,96	9,00	24,42
Areia grossa ¹	a	7	28,00	14,43±7,84	6,80	58,72
	b	7	20,00	10,27±5,41	4,00	56,95
Fe ₂ O ₃	a	-	-	-	-	-
	b	7	27,90	22,95±3,07	18,60	14,48
¹ %			² meq/100g de TFSA		³ meq/100 g de argila	

Os resultados obtidos pela análise de sete pontos amostrados demonstra, como é o caso dos latossolos, sua homogeneidade de características, que é constatada pelos baixos coeficientes de variação para quase a totalidade de suas características.

- pH. Esses solos são moderadamente ácidos apresentando valores médios de 4,7 e 4,6 para as camadas superficiais e subsuperficiais respectivamente, sendo este último valor, o menor de toda a área de estudos. Para a camada superficial encontrou-se valores máximos que ultrapassam a neutralidade, característica esta conferida pelas condições de manejo, sendo o valor 7,2 o mais elevado de todas as amostras da área de estudos para a camada superficial.

- Carbono. Os valores médios de 0,96% encontrados para a camada superficial são baixos, refletindo as condições de intenso uso agrícola sem utilização de práticas de manutenção de matéria orgânica na superfície. Esses valores assemelham-se aos encontrados nas outras unidades da área com latossolos presentes.

- Saturação em alumínio (m). Dentre as amostras coletadas nesta unidade, apenas uma apresentou na camada subsuperficial valores de m acima de 50%, apresentando portanto caráter ácido. Os valores médios encontrados apresentam valores relativamente baixos sendo para a camada superficial 3,83% e 21,46% para a camada subsuperficial. Os elevados valores de C.V. retratam a alta variabilidade dos solos em relação aos valores de alumínio trocável destes solos.

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). O valor médio de T verificado na camada superficial (7,92 meq/100g de argila), indica tratar-se de solos de baixa atividade coloidal, sendo os valores mais elevados da CTC verificados na camada superficial resultantes da influência da matéria orgânica.

- Soma de bases (S). Devido ao intenso uso agrícola, estes solos apresentam para a camada superficial valores relativamente elevados (6,16 meq/100 g de solos), porém concordantes com os verificados para os outros latossolos.

- Saturação de bases (V). Os valores médios de 62,71% para a camada superficial e de 43,34% para a camada subsuperficial, retrata o caráter epieutrófico destes solos. Mesmo assim, alguns pontos apresentaram, em decorrência das diferentes condições de manejo caráter exclusivamente eutrófico ou distrófico.

- Granulometria. Esses solos são basicamente argilosos, com teores médios de argila de 53% para a camada superficial e de 68% para a de subsuperfície. Em relação aos teores totais de areia, esses solos apresentaram valores significativamente maiores que os latossolos apresentados em outras unidades, com conseqüente redução dos teores de silte. Devido a essa diferenciação na composição granulométrica, estes solos devem possuir um tratamento diferenciado em relação ao seu uso e manejo quando comparado aos demais latossolos encontrados no município de Ivatuba.

- Ferro total. O valor médio verificado nas sete amostras da camada subsuperficial foi 22,5%, diferenciando-os do Latossolo Vermelho-Escuro encontrado na unidade, cujos valores apresentam-se menores.

1.1.2 LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO

Esses solos são caracterizados por apresentarem horizonte B latossólico, com textura média ou argilosa, diferenciando-se dos latossolos roxos, basicamente por apresentarem teores de ferro total abaixo de 18% e cores com matizes mais vermelhos que 4YR e valor igual ou inferior a 4 (OLIVEIRA et al., 1982). São solos bastante profundos, com seqüência de horizontes A,B,C, sempre muito porosos e permeáveis, possuindo, quando argilosos, drenagem variando entre bem a acentuadamente drenado e quando a sua textura é média a drenagem é acentuadamente a fortemente drenado (EMBRAPA, 1984).

Podem apresentar caráter trófico variado, mas freqüentemente estes solos possuem, devido a sua drenagem acentuada e material de origem normalmente de baixo potencial nutricional, caráter álico e distróficos, com acidez forte a extremamente ácidos, que variam para a camada superficial devido a condições de uso e manejo.

Esses solos possuem homogeneidade por todo o perfil, sendo difícil a separação dos horizontes. O horizonte A varia em profundidade com valores entre 10 e 60 cm, podendo ser, segundo OLIVEIRA, JACOMINE & CAMARGO (1992) moderado, proeminente ou húmico, sendo o primeiro o mais freqüente. O Horizonte B é espesso

(acima de 250 cm), com estrutura muito semelhante aquela encontrada nos latossolos roxos, apresentando colorações variando entre o vermelho-escuro, vermelho, ou bruno-avermelhado escuro, sendo mais comuns aquelas com matiz 2,5YR e 10R e relação valor/croma 3/5, 3/6 ou 4/6.

UNIDADE FAZENDA DO SALTO (LEe)

a) Classificação - Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.

b) Características Morfológicas

Dentre as características diferenciais anteriormente citadas para os Latossolos Vermelho-Escuros, esta unidade apresenta:

- horizonte A moderado;
- textura argilosa ao longo do perfil;
- horizonte B_{w1} com estrutura subangular fracamente desenvolvida;
- caráter eutrófico.

- Horizonte A

Por situar-se em uma área estritamente agrícola, estes solos apresentam em sua totalidade um horizonte Ap, que varia de 30 a 45 cm de espessura, sendo que sua estrutura original já fora totalmente modificada. Sua textura varia de média a argilosa. Numa pequena trincheira tentou-se subdividir este horizonte, o que não foi possível devido a homogeneidade na coloração sendo a mais freqüente representada pela notação 5YR 3/4 de Munsell.

Por se tratar de um horizonte Ap os teores de matéria orgânica encontrados neste horizonte varia de acordo com as condições de uso e manejo. Em relação a isto, o caráter é tipicamente eutrófico, devido a utilização de fertilizantes e corretivos.

- Horizonte B

Na minitrincheira foi possível observar parte do horizonte B_{w1} que diferenciou-se da parte superior e inferior devido a uma estrutura subangular fracamente desenvolvida em associação a uma estrutura granular pequena e muito pequena, às vezes com aparência de estrutura maciça.

Sua consistência assemelha-se ao horizonte A, sendo apenas um pouco mais plástico e pegajoso.

Apesar de ser parcialmente observado na minitrincheira, este horizonte diferenciou-se da parte superior por não apresentar a estrutura subangular. Sua aparência é de um solo solto, pouco coeso, com aparência de maciça porosa, comum nos solos latossólicos encontrados sobre o arenito caiué. A coloração mais freqüente foi 5YR com relação valor/croma 4/6, sendo portanto mais claros que o horizonte superficial. Não foi possível a observação de horizonte BC, mesmo através de tradagens.

c) Características analíticas

Na Tabela 27 estão representados os valores obtidos da análise de 3 amostras das camadas superficiais e subsuperficiais.

Tabela 27 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS REFERENTES A TRÊS AMOSTRAS DOS LATOSSOLOS VERMELHOS-ESCUROS ENCONTRADOS NA UNIDADE FAZENDA DO SALTO.

ponto n ^o	camada	pH	C ¹	S ²	m ¹	V ¹	CTC ²	T ³	Argila ¹	Silte ¹	Areia fina ¹	Areia grossa ¹	Fe ₂ O ₃ ¹
08	a	6,6	1,26	5,91	0,00	67,85	8,71	9,41	32,30	12,70	25,00	0,39	-
	b	5,1	0,67	5,03	0,84	55,70	9,03	10,73	56,00	8,90	17,40	0,16	8,1
51	a	5,7	1,03	5,45	0,00	55,90	9,75	8,41	60,90	37,50	5,00	8,10	-
	b	5,4	0,55	5,06	0,08	55,85	9,06	8,19	80,30	15,10	4,00	10,90	14,3
52	a	6,4	1,29	7,54	0,00	67,08	11,24	15,27	35,56	18,60	26,4	19,4	-
	b	5,9	0,73	6,46	0,00	65,52	9,86	9,21	71,30	6,50	13,5	8,70	7,8
		¹ %	² meq/ 100 TFSA					³ meq/ 100 g de argila					

1.2 TERRA ROXA ESTRUTURADA

Como relatado na metodologia, estes solos são, por definição, com elevada capacidade de saturação de bases, com horizontes de textura argilosa a muito argilosa, possuindo um reduzido gradiente textural entre o horizonte A e B, tendo como característica marcante do horizonte B a presença de estrutura prismática, composta de blocos subangulares e angulares, comumente recobertos com cerosidade que podem variar em intensidade, sendo forte e abundante nos solos modais e moderada a comum nas variedades para o Latossolo Roxo.

Como no caso do Latossolo Roxo, este solo, também mineral, não hidromórfico, é proveniente da meteorização de rochas basálticas.

Possuem coloração bastante uniforme por todo o perfil, especialmente quando se desenvolvem em áreas de clima tropical, o que dificulta as diferenciações dos horizontes, sendo suas transições graduais ou difusas. Segundo OLIVEIRA, JACOMINE & CAMARGO, (1992), as cores mais freqüentes do horizonte B são bruno avermelhado-escura no matiz com notação de Munsell igual a 2,5YR.

1.2.1 UNIDADE TERRA ROXA (TRe)

a) Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.

c) Localização na Paisagem

Os solos desta unidade ocupam principalmente os fundos de vales, posicionando-se no terço inferior da encosta. São encontrados também nas áreas próximas à unidade serrinha. Em ambos os casos, o relevo local e regional é ondulado com declividades médias em torno de 8 a 12 %. De acordo com as condições locais de relevo mais íngreme, aparecem em associação com estes, solos menos profundos e as vezes incipientes.

d) Características morfológicas

Os solos mapeados na área apresentaram de maneira geral, profundidades elevadas (acima de 140 cm), a não ser quando encontrados em associação com cambissolos. A coloração do perfil é bastante homogênea, apresentando-se com certo grau de dificuldade na diferenciação dos horizontes, principalmente através de prospecções pelo trado. Em geral, a coloração se manteve no matiz 2,5YR como também observado por OLIVEIRA et al. (1982), sendo a relação valor/croma 4/6 a mais comumente encontrada.

- Horizonte A

Os horizontes de superfície destes solos apresentaram-se de uma maneira geral, morfologicamente parecidos com os horizontes superficiais dos latossolos roxos.

Este horizonte é normalmente moderado, de coloração bruno-avermelhado. Em relação a estrutura, não foi possível sua observação no estado original, uma vez que a agricultura intensiva já mantém-se instalada por toda a área mapeada. Pelos poucos perfis analisados em cortes de estradas e canais de voçorocas, este horizonte possui profundidade variável de acordo com as condições de relevo, apresentando uma profundidade maior nas áreas geomorfologicamente mais preservadas. Em locais de relevo mais acentuado, o perfil pode apresentar-se truncado, com a perda total da camada superficial. A textura é normalmente argilosa a muito argilosa, e consistência semelhante a dos latossolos.

- Horizonte B

As características foram analisadas através de corte em barrancos, com observação e descrição de sua estrutura prismática composta por blocos subangulares pequenos e muito pequenos fortemente desenvolvidos, sempre recobertos com cerosidade forte e abundante. Sua coloração em geral apresentou matiz 2,5YR e relação valor/croma 4/3. A espessura deste horizonte também apresentou-se variável nas mesmas condições do horizonte A, mas nunca inferior a 35 cm. Normalmente, foram

encontrados nestes horizontes grandes quantidades de grânulos arredondados, que reagem ao peróxido de hidrogênio. A textura em geral é muito argilosa e a consistência dura a muito dura quando seca passando a friável quando úmida e muito plástica e muito pegajosa quando molhada. Certos perfis apresentaram horizonte BC, caracterizado pela perda de cerosidade e composição estrutural granular, maciça porosa. Uma característica interessante é de que estes solos não apresentam em seu horizonte subsuperficial carvão, e quando apresentam, os teores foram inexpressivos.

e) Características Analíticas

São apresentados na Tabela 28 valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

Foram analisadas as amostras de 15 pontos tanto de superfície como de subsuperfície cujos resultados são agora discutidos.

- pH. Com valores médios próximos a 6,0, esses solos apresentaram, para os pontos amostrados, pH ligeiramente ácido para ambas as camadas. A pequena amplitude entre os valores máximos e mínimos são apresentados pelo baixo C.V.

- Carbono. Os teores de carbono, ao contrário do pH tiveram certa variação nos seus valores, apresentando valores médios de 1,23 % para a camada superficial e 0,71% para a camada subsuperficial. As variações devem-se com certeza as diferenças de manejo encontradas para cada área, uma vez que em ponto algum foi coletada amostra em condição de mata natural.

- Soma de bases (S). A soma de bases expressa bem a fertilidade natural destes solos onde o valor médio para a camada subsuperficial foi de 8,78 meq/100 g de TFSA e o valor mínimo ficou acima de 6 meq/100 g de TFSA.

Esses valores são superiores aqueles encontrados por OLIVEIRA et al. (1982), e os valores máximos são superiores aqueles encontrados por LIMA (1979). A pequena amplitude entre os valores máximos e mínimos acompanha os dados obtidos para o pH, comprovando a homogeneidade química dos perfis.

Tabela 28 - MÉDIA (x), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE TERRA ROXA (TRe).

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	15	6,70	6,07±0,14	5,60	4,31
	b	15	6,90	6,04±0,22	5,50	6,64
Carbono ¹	a	15	2,14	1,23±0,23	0,52	44,89
	b	15	1,48	0,71±0,07	0,45	33,09
m ¹	a	15	0,72	0,07±0,08	0,00	253,42
	b	15	0,61	0,08±0,10	0,00	216,86
CTC ²	a	15	18,00	15,69±0,94	12,84	10,89
	b	15	17,15	13,20±1,00	9,85	14,05
T ³	a	15	26,40	16,70±2,30	10,57	25,02
	b	15	20,11	12,37±1,57	8,55	23,02
S ²	a	15	13,88	10,97±0,90	8,52	15,04
	b	15	12,65	8,78±0,91	6,25	14,05
V ¹	a	15	79,20	69,91±3,59	54,20	9,30
	b	15	78,12	66,39±3,79	51,06	10,34
Argila ¹	a	15	72,50	61,46±3,27	50,90	9,68
	b	15	87,60	81,96±3,06	64,70	6,78
Silte ¹	a	15	38,04	29,51±3,06	19,50	18,78
	b	15	26,30	12,07±2,46	6,80	36,90
Areia fina ¹	a	15	9,40	5,87±1,01	2,40	31,44
	b	15	6,70	1,64±0,90	1,30	46,09
Areia grossa ¹	a	15	7,90	3,16±1,17	0,70	67,02
	b	15	7,00	2,40±1,06	0,40	79,95
¹ %		² meq/100g de TFSA			³ meq/100 g de argila	

- Saturação de bases (V). Estes solos são basicamente eutróficos, apresentando valores médios de 69,91% para a camada superficial e 66,39% para a de subsuperfície. Os coeficientes de correlação mantem-se baixos para as duas camadas em conjunto com os valores de pH e saturação de bases.

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). Apesar da tabela apresentar valores bem superiores de T para ambas as camadas em relação a CTC, isto não implica em discordância analítica uma vez que cada dado representa um ponto de amostragem que possui valores de CTC maiores que T.

- Saturação de alumínio (m). Os valores mínimos encontrados são inexpressivos, demonstrando a total inexistência de alumínio nestes solos.

- Granulometria. Estes solos são basicamente argilosos e muito argilosos. Os teores médios para a camada superficial foram 61,46% enquanto que para camada de subsuperfície foi de 81,96. Isto revela relação textural A/B mais elevada que aquelas encontradas nos pontos coletados para os latossolos. A porção silte torna-se também mais expressiva nesta unidade quando comparada com os Latossolos Roxos. Sua composição é formada basicamente por óxidos finamente divididos, principalmente de ferro e manganês. Os baixos coeficientes de variação tanto para a fração argila com silte demonstram ser estes solos homogêneos também em relação as propriedades físicas. Os teores relativamente elevados de areia fina e grossa refletem a camada de grânulos oxidicos normalmente encontrada em subsuperfície destes solos.

f) Área Ocupada

Através de cálculo de área realizado pelo SGI, determinou-se cartograficamente 14,34 Km² ou 1434,6 ha perfazendo 15,35 % da área total.

PERFIL Nº 2. UNIDADE TERRA ROXA

Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo ondulado.

Localização : estrada Ivatuba - Maringá, Km 7, à esquerda, propriedade do Sr. Sapata, coordenadas geográficas 23° 34' 38" (S) e 52° 08' 13" (O).

Situação e declive: Corte em barranco dentro de canal de voçoroca, terço superior da encosta com 9% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp (basalto), do Grupo São Bento, do Jurássico-Cretáceo.

Material de Origem: Saprolito proveniente da decomposição do basalto.

Relevo Local e Regional: ondulado a suave ondulado.

Altitude : 385 m.s.n.m.

Drenagem: bem drenado.

Erosão: laminar ligeira.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual: culturas anuais.

Ap - 0 - 22 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); muito argiloso; forte pequeno blocos subangulares e forte pequena granular; duro; firme; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

AB - 22 -44 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; forte pequeno e muito pequeno blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; duro; firme; plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Bt₂ - 44 - 140 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seco); muito argiloso; forte pequeno a médio blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; duro; firme; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bt₃ - 140 - 230 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seco); muito argiloso; forte pequeno a médio blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; muito duro; muito firme; muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

BC - 230 -250 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seco); muito argiloso; forte pequeno a médio blocos subangulares; cerosidade fraca e abundante; muito duro; muito firme; muito plástico e muito pegajoso.

C - 250 cm +, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, seco); camada constituída por fragmentos de rochas parcialmente ou totalmente intemperizados + concreções ferruginosas formadas por grânulos de óxidos intemperizados ou não.

Observações: o perfil apresentava na parte superior (horizonte A e parte do horizonte AB) elevado número de raízes, e grande número de macro, meso e microporos. A diferenciação entre o horizonte A e o horizonte AB deve-se basicamente a estrutura granular e solta do primeiro horizonte, em relação ao segundo. O segundo horizonte começa a apresentar cerosidade, mesmo que fraca, o que não ocorre no horizonte A. Esta característica também foi utilizada para diferenciação do horizonte AB e o imediatamente abaixo (Bt_2). Não foi possível visualizar a diferenciação entre Bt_1 e Bt_2 , pela grande homogeneidade deste horizonte. As raízes neste horizonte começam a ficar escassa. O perfil estava levemente úmido, mas mesmo assim apresentava rachaduras por todo horizonte. A quantidade de microporos neste horizonte também é reduzida. São observados na porção subsuperficial certas porções de material mais brunado, advindo da superfície através das rachaduras e canais deixados pelo apodrecimento de raízes.

Foram encontrados elevado número de grânulos provavelmente formado por óxidos de ferro, manganês e titânio por todo horizonte B. Os horizontes Bt_2 e Bt_3 foram diferenciados basicamente pela perda de cerosidade deste segundo horizonte e o acréscimo do número de grânulos. A cerca de 250 cm de profundidade, foi constatada uma camada formada por grande quantidade de grânulos de óxidos, com cerca de 25 cm de espessura. No fundo do canal da voçoroca, foram encontrados grandes blocos constituído por concreções ferruginosas, que variavam em tamanho e forma. Ao bater do martelo pedológico, tais blocos se desfaziam com facilidade, desagregando-se em pequenas porções. No local de abertura do perfil e próximo a este não foi observado o embasamento rochoso.

Tabela 29 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE TERRA ROXA.

Horizonte		Composição granulométrica da TFSA (%)				relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)			
símbolo	profundidade (cm)	areia grossa	areia fina	silte	argila		real	aparente				
Ap	0 - 22	1	4	29	66	0,44	3,45	1,04	69,84			
AB	22 - 44	2	5	15	78	0,19	3,33	1,72	48,39			
B ₁₂	44 - 140	2	1	15	82	0,18	3,17	1,67	47,40			
B ₁₃	140 - 230	4	2	14	80	0,17	2,94	1,62	44,92			
BC	230 - 250	5	1	30	64	0,47	3,18	1,73	45,51			
C	250 ⁺	12	8	32	48	0,67	3,39	1,75	48,38			
pH (1:2,5)		complexo sortivo (meq/100 g)							V (%)	m(%)	C(%)	P (ppm)
água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	CTC				
5,8	5,1	10,54	3,16	0,18	13,88	0,00	4,00	17,88	77,63	0,00	1,63	2
6,0	5,4	12,80	5,30	0,15	18,25	0,00	5,80	24,05	75,88	0,00	1,75	2
6,3	5,3	8,64	1,56	0,12	10,32	0,00	4,80	15,12	68,25	0,00	1,48	2
6,1	5,3	8,82	3,78	0,20	12,80	0,00	5,00	17,80	71,91	0,00	0,68	3
6,5	5,4	13,90	4,32	0,20	18,42	0,00	5,20	23,62	77,98	0,00	0,51	5
6,6	5,8	16,30	6,15	0,26	22,71	0,00	5,50	28,21	80,50	0,00	0,45	12

1.2.2 UNIDADE BATAVO (TRe)

a) Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA latossólica eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.

b) Localização na Paisagem

Ocorrem principalmente próximo ao limite entre as unidades Sataró e Terra Roxa. O relevo passa de plano para suave ondulado e ondulado em um espaço cartográfico pequeno. Esses solos ocorreram na área mapeada principalmente próximo aos vales dos rios, principalmente próximo ao rio Ivaí. Solos com profundidade menor foram localizados próximo a unidade Fazenda Ivatuba, nas partes elevadas mais dissecadas, onde foi caracterizado o perfil que demonstraremos mais adiante.

c) Características Morfológicas

Estes solos caracterizam-se pelas diferenciações apresentadas no perfil em relação as Terras Roxas Estruturadas encontradas na área por:

- Apresentarem maior profundidade;
- Cerosidade fraca ou ausente no Horizonte Bt₂;
- Estrutura em blocos fracamente desenvolvida;
- Gradiente textural AB bem menor.

- Horizonte A

Este horizonte nada difere daqueles encontrados na unidade Terra Roxa, motivo pelo qual não tornaremos a repeti-lo.

- Horizonte B

No caso do horizonte de subsuperfície, esta unidade difere principalmente por apresentar durante as tradagens características muito semelhantes aquelas

encontradas na unidade Sataró, ou seja, em uma porção que varia de 15 a 35/40 cm, o solo adere com grande facilidade ao trado, torneando em suas paredes, com elevada pegajosidade. Abaixo dos 40 cm o solo torna-se mais friável e menos pegajoso que a parte superficial, com ocorrência de certa cerosidade nos pequenos pedrs observados em lupa. Certa estrutura ou uma “pseudoeestrutura” em blocos subangulares é observada em conjunto com uma estrutura granular com aspecto maciça porosa. A profundidade é elevada, sendo que tradagens efetuadas abaixo de 240 cm indicaram características muito semelhantes aquelas encontradas aos 60/80 cm. Sua coloração é mais brunada que os pontos amostrados na unidade Terra Roxa, que apresenta-se mais avermelhada, com valores 2,5 e 5YR na matiz e relação valor/croma de 3/4, 4/4, 4/6 e 5/6, assemelhando-se portanto mais aos latossolos da unidade Sataró. Não são observados nestes perfis os granulos normalmente encontrados na unidade Terra Roxa, mas em compensação observa-se freqüentemente carvão pelos perfis, que comumente são observados nas tradagens dos solos da unidade Sataró e Fazenda Ivatuba.

e) Características analíticas

São apresentados na Tabela 30 valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

- pH. Os valores médios encontrados para a camada superficial e subsuperficial foram 6,05 e 5,50 respectivamente, com pequena amplitude entre os valores mínimos e máximos.

- Carbono. A amplitude dos valores mínimos e máximos para a camada superficial mais uma vez vem demonstrar as diferenciações de uso e manejo que ocorrem por toda área mapeada. Os valores médios de 0,96% para a camada superficial e de 0,71% para a camada subsuperficial registram teores relativamente baixos, mas concordantes com os solos argilosos encontrados em outras unidades.

Tabela 30 - MÉDIA (x), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE BATAVO.

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	10	6,70	6,05±0,33	5,20	7,71
	b	10	6,80	5,50±0,36	5,00	9,30
Carbono ¹	a	10	1,60	1,17±0,28	0,55	34,47
	b	10	0,76	0,58±0,07	0,41	18,79
m ¹	a	10	13,80	1,61±2,92	0,00	254,22
	b	10	20,40	2,66±4,30	0,00	226,46
CTC ²	a	10	19,66	14,64±1,78	10,37	17,00
	b	10	13,46	10,61±1,40	8,17	18,45
T ³	a	10	20,69	14,42±2,31	9,05	22,43
	b	10	15,38	10,19±2,00	5,91	27,51
S ²	a	10	15,06	10,00±1,80	5,87	25,22
	b	10	8,96	6,55±1,27	4,14	27,10
V ¹	a	10	78,29	67,65±5,80	51,78	12,00
	b	10	70,16	60,83±5,03	46,83	11,56
Argila ¹	a	10	79,60	65,03±5,68	53,90	12,22
	b	10	84,00	79,04±3,31	67,90	5,85
Silte ¹	a	10	32,78	23,97±4,37	12,50	25,55
	b	10	28,60	13,93±3,71	8,10	37,33
Areia fina ¹	a	10	20,00	7,58±3,92	1,00	71,02
	b	10	13,00	4,93±2,32	1,20	69,09
Areia grossa ¹	a	10	9,60	3,42±1,73	0,70	72,45
	b	10	5,50	2,10±1,03	0,00	65,98
¹ %		² meq/100g de TFSA			³ meq/100 g de argila	

- Soma de bases (S). Apesar de apresentar valores médios de soma de bases elevados (10,0 meq/100 g de TFSA para a camada superficial e 6,55 para a camada subsuperficial), eles são menores que aqueles apresentados pela unidade Terra Roxa e muito semelhantes aos apresentados pela unidade Sataró.

- Saturação de bases (V). Como no caso da soma de bases, a igualdade dos valores aproxima-se daqueles da unidade Sataró, ficando abaixo dos valores apresentados pela unidade Terra Roxa. Os valores médios de 64,12 % para a camada superficial e de 61,29 % para a camada subsuperficial caracterizam o eutrofismo destes solos. Isto como nas outras unidades já apresentadas ocorre basicamente pela elevada quantidade de bases trocáveis no perfil em relação a sua baixa capacidade de troca catiônica.

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). Observa-se, em comparação com os valores encontrados na unidade Terra Roxa, que os valores médios de T indicam a elevada intemperização destes solos. Os valores de 13,90 meq/100 g de argila para a camada superficial e 9,23 meq/100 d de argila para a camada b, revelam a baixa complexidade coloidal destes solos, sendo que em um ponto foi encontrado valor 3,16 meq/100 g de argila, valor igual aquele encontrado para a unidade Fazenda Ivatuba. A CTC manteve-se com valores semelhantes aos encontrados na unidade Sataró, que também possuem boa contribuição da matéria orgânica no complexo de troca.

- Saturação de alumínio (m). Como todos os solos derivados de basalto até agora relacionados, estes solos também possuem baixos níveis de alumínio trocável no perfil, sendo que a saturação máxima não ultrapassa 21%, ficando os valores médios sempre abaixo dos 3% para as ambas camadas.

- Granulometria. Os valores médios de 65,03% e 79,04% para as camadas a e b respectivamente qualificam estes solos como muito argilosos.

f) Área Ocupada

Através de cálculo de área realizado pelo SGI, determinou-se cartograficamente 7,70 Km² ou 770,3 ha perfazendo 8,23 % da área total.

PERFIL Nº 3. UNIDADE BATAVO

Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA latossólica eutrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado.

Localização : estrada Ivatuba - Maringá, Km 7, à esquerda, em frente a fazenda maringaense, coordenadas geográficas 23° 34' 19.6" (O) e 52° 7' 36.6" (O).

Situação e declive: Corte em barranco de estrada na porção superior da encosta com 6% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp (basalto), do Grupo São Bento, do Jurássico-Cretáceo.

Material de Origem: Saprolito proveniente da decomposição do basalto.

Relevo Local e Regional: suave ondulado a plano.

Altitude : 430 m.s.n.m.

Drenagem: bem drenado.

Erosão: laminar ligeira.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual: culturas anuais.

Ap - 0 - 43 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); argiloso; forte pequena granular e fraca blocos subangulares pequenos e muito pequenos; ligeiramente duro; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

AB - 43 - 89 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido) e vermelho (2,5 YR 4/6, seco); muito argiloso; média pequena granular e média blocos subangulares pequenos; ligeiramente duro; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bt₁ - 89 - 107 cm, vermelho (2,5YR 4/6, seco); muito argiloso; média pequena granular e média blocos subangulares pequenos; cerosidade fraca pouca e descontínua; ligeiramente duro; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bt₂ - 107 - 165 cm, vermelho (2,5YR 4/8, seco); muito argiloso; forte granular pequena e muito pequena e fraca blocos subangulares médios; cerosidade fraca pouca e descontínua; ligeiramente duro; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bt₃ - 165 - 173 cm, vermelho (2,5YR 4,5/8, seco); muito argiloso; forte granular pequena e muito pequena; macio; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

BC - 173 - 250 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco); argiloso; forte granular ultrapequena; macio; friável; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

C - 250 cm + amarelo-brunado (10YR 6/8, seco); camada constituída por material parental parcialmente intemperizado (não foi coletado material).

Observações: este perfil caracteriza muito bem uma zona de transição de relevo plano e suave ondulado (onde se desenvolvem os latossolos roxos distróficos da unidade Fazenda Ivatuba) para um relevo suave ondulado a ondulado (onde se desenvolvem as terras roxas estruturadas da unidade Terra Roxa).

Mesmo localizado em parte elevada do terreno, este perfil possui profundidade menor que os apresentados pelas duas unidades. Seu horizonte A possui elevado número de raízes proveniente do desenvolvimento de colônias que normalmente ocorre em beira de rodovias.

Sua coloração brunada ultrapassa os 70 cm, o que possibilita a sua diferenciação com os horizontes adjacentes.

Sua porosidade é muito elevada, o que permite uma drenagem rápida e eficiente.

O horizonte AB apresenta-se neste perfil bastante compacto, com definição estrutural um pouco deficiente. Em alguns pedos ocorre a presença de cerosidade, sempre no plano vertical, nunca recobrimdo totalmente o elemento estrutural. O horizonte Bt₁, assemelha-se muito com o horizonte superior, diferenciando-se apenas pela coloração mais avermelhada, e presença de cerosidade um pouco mais acentuada, mas ainda apenas no plano vertical. O horizonte Bt₂ caracteriza-se principalmente pelo aparecimento de uma estrutura subangular fracamente desenvolvida em associações com uma estrutura granular fortemente desenvolvida dando um certo aspecto latossólico ao perfil. Abaixo deste, o horizonte Bt₃ torna-se bastante friável, pela presença de estrutura granular fortemente desenvolvida dando um aspecto maciça porosa. O perfil é acentuadamente drenado, com presença de microporos por todo o perfil. As raízes são abundantes no horizonte A, AB e Bt₁ e freqüentes nos outros horizontes. Não foi verificado carvão por todo perfil.

Tabela 31 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE BATAVO.

Horizonte		Composição granulométrica da TFSA (%)				relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)			
símbolo	profundidade (cm)	areia grossa	areia fina	silte	argila		real	aparente				
A _p	0 - 43	5	14	26	54	0,48	3,33	1,01	69,70			
AB	43 - 89	3	10	20	67	0,29	3,39	1,16	65,78			
B _{t1}	89 - 107	3	4	15	78	0,19	3,20	1,21	62,18			
B _{t2}	107 - 165	1	5	14	80	0,17	3,17	1,31	58,74			
B _{t3}	165 - 173	2	4	10	84	0,11	2,94	1,23	58,18			
BC	173 - 250	2	12	32	54	0,59	3,22	1,16	64,04			
pH (1:2,5)		complexo sortivo (meq/100 g)						V (%)	m(%)	C(%)	P (ppm)	
água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	CTC				
6,1	5,4	7,00	4,14	0,55	11,69	0,32	4,48	16,49	70,89	2,66	1,60	8
6,2	5,5	5,08	2,18	0,21	7,47	0,15	4,65	12,27	60,88	1,97	1,10	7
5,9	5,2	5,50	3,72	0,08	9,30	0,00	4,50	13,80	67,39	0,00	0,70	4
5,7	5,1	5,72	3,04	0,05	8,81	0,00	4,40	13,21	66,69	0,00	0,57	3
5,5	4,9	4,55	2,67	0,05	7,27	0,00	4,30	11,57	62,83	0,00	0,42	3
5,2	4,7	4,72	2,54	0,36	7,62	0,00	4,80	12,42	61,35	0,00	0,46	5

1.2.3 UNIDADE TAQUARUÇÚ (TRe)

a) Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA pouco profunda eutrófica A moderado textura argilosa relevo ondulado.

b) Características morfológicas.

Sob esta designação encontramos uma classe de solos já anteriormente discutida mas com algumas diferenciações. Esta unidade compreende as porções de terreno que devido ao elevado desgaste por parte do sistema erosivo ocasionado pela drenagem, apresentam solos com profundidade menor.

Os solos com profundidade reduzida apresentam sequência de horizontes A/Bt/C/R, sendo que em alguns casos o perfil encontra-se truncado.

c) Características Analíticas

A Tabela 32 apresenta os valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

- pH. Os valores médios de 6,22 e 6,04 para a camada superficial e subsuperficial demonstram que esses solos possuem acidez moderada podendo chegar a quase neutralidade, com valores máximos de 6,90 e 7,10.

- Carbono. Os valores médios de carbono relativamente elevados para a camada superficial (1,47%) devem-se basicamente a manutenção de cobertura vegetal sobre a superfície nos locais onde se encontram estes solos, uma vez que, devido as condições de relevo, estão propensos a perdas por erosão.

Tabela 32 - MÉDIA (x), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DOS SOLOS PRESENTES NA UNIDADE TAQUARUÇÚ.

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	10	6,90	6,22±0,26	5,40	5,91
	b	10	7,10	6,04±0,42	4,90	9,91
Carbono ¹	a	10	2,14	1,47±0,36	0,55	34,72
	b	10	0,73	0,59±0,04	0,52	10,17
m ¹	a	10	2,40	0,26±0,51	0,00	278,60
	b	10	21,71	2,19±4,65	0,00	296,67
CTC ²	a	10	22,17	17,10±2,16	12,52	17,72
	b	10	18,20	14,14±1,52	10,05	15,08
T ³	a	10	33,72	18,77±5,43	6,55	40,54
	b	10	29,14	15,35±3,84	8,79	35,03
S ²	a	10	18,47	12,21±2,43	7,32	27,87
	b	10	15,20	9,90±2,04	5,05	28,81
V ¹	a	10	83,31	70,43±6,89	54,52	13,69
	b	10	83,52	68,83±8,19	50,25	16,64
Argila ¹	a	10	71,10	58,48±6,43	39,30	15,38
	b	10	87,30	78,98±9,78	38,50	17,33
Silte ¹	a	10	47,60	32,53±5,57	22,80	24,00
	b	10	52,80	15,98±8,92	9,30	78,14
Areia fina ¹	a	10	8,40	5,75±1,53	1,60	37,23
	b	10	6,40	3,43±1,19	1,20	48,57
Areia grossa ¹	a	10	9,50	3,24±1,86	0,60	80,52
	b	10	5,00	1,61±1,02	0,00	88,75
¹ %	² meq/100g de TFSA			³ meq/100 g de argila		

- Soma de bases (S). Esses solos possuem uma elevada fertilidade natural o que é comprovado pelos valores médios de 12,21 e 9,90 meq/100 g de TFSA para a camada superficial e subsuperficial respectivamente.

- Saturação de bases (V). Os solos desta unidade são exclusivamente eutróficos, com valores médios de 70,43% para a camada a e 68,83% para a camada b, não sendo encontrados na área mapeada solos com saturação menor que 50%. Isto deve-se basicamente ao elevado valor de saturação de bases e ao baixo complexo de troca de cátions.

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). Os valores médios da CTC como os de T demonstram que estes solos apesar de possuírem um complexo de troca maior que os apresentados pelos solos desta Taxa (Unidades Terra Roxa e Batavo), possuem argilas de baixa atividade. Alguns pontos apresentaram valores T acima de 24 meq/100 g de argila, mas como não houve diagnose do horizonte de superfície não pudemos constatar a presença de Brunizem Avermelhado ou Cambissolo.

- Saturação em alumínio (m). Devido a reduzidos e inexpressivos teores de alumínio trocável nestes solos, os valores médios de saturação também são inexpressivos, sendo que os valores máximos não ultrapassam a 22% para a camada subsuperficial.

- Granulometria. A análise granulométrica apresenta a textura muito argilosa presentes nos cambissolos desenvolvidos de basalto, fato também comprovado por LIMA (1979) e EMBRAPA (1984).

d) Área Ocupada

Esses solos ocupam pequenas porções como unidade simples da área mapeada apresentando-se mais como inclusões de outras unidades. Eles acompanham principalmente os solos da unidade Paiçandú, presentes nas linhas de ruptura que normemente separam os solos das unidades Terra Roxa, Sataró e Fazenda Ivatuba. A área ocupada, identificada pelo SGI é de 1,08 Km² ou 108,2 ha ocupando 1,15 % do total da área.

PERFIL Nº 5 - UNIDADE TAQUARUÇÚ

Classificação - TERRA ROXA ESTRUTURADA pouco profunda eutrófica A moderado
textura muito argilosa endoconcrecionária relevo ondulado

Localização : estrada Ivatuba - Maringá, Km 4, à esquerda, propriedade do Sr. Angelo
Celestino, coordenadas geográficas 23° 35'28" (S) e 52° 12' 9" (O).

Situação e declive: Perfil aberto em barranco, porção final inferior da encosta relevo
ondulado com 7 % de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp
(basalto), do Grupo São Bento, do Jurássico-Cretáceo.

Material de Origem: Saprolito proveniente da decomposição do basalto.

Relevo Local e Regional: ondulado e suave ondulado.

Altitude : 305 m.s.n.m.

Drenagem: bem drenado.

Erosão: laminar ligeira.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual: pastagem.

A - 0 - 14 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado
(5YR 4/4, seco); muito argiloso; forte pequena granular e blocos subangulares pequenos
e médios; cerosidade moderada e comum; friável; plástico e pegajoso; transição clara e
plana.

Btc - 14 - 66 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); muito argiloso; forte blocos
subangulares pequenos e médios; cerosidade forte e abundante; ligeiramente duro;
muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

BCc - 66 - 82 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); argiloso; forte blocos
subangulares pequenos; cerosidade moderada e comum; ligeiramente duro; plástico e
pegajoso; transição clara e plana.

Cc - 82 cm⁺, vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); camada composta por basalto em
decomposição. (não foi coletado).

Observações : Por situar-se em área de pastagem, o perfil apresentou na camada superficial elevado número de raízes pequenas e muito pequenas, com porosidade elevada, comum nesta situação. A medida em que o perfil se aprofunda, o número de raízes decresce sendo comuns no horizonte B e BC e ausentes no C. O perfil apresentava-se extremamente seco, desmanchando-se com facilidade ao bater do enxadão, em blocos subangulares e um pouco de pó. O perfil contém elevado número de grânulos formados por concreções ferruginosas (endoconcrecionário). O horizonte BC possui uma camada destes grânulos com espessura variando entre 10 e 30 cm, que acompanha toda a extensão do barranco onde foi aberto o perfil. Esta característica acompanha todas as Terras Roxas fase rasa presentes na área de estudos, com exceção daquela localizada próxima a linha de ruptura de relevo entre a unidade Sataró e Unidade Barreiro e Ivaí.

Tabela 33 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM PERFIL REPRESENTATIVO DA UNIDADE TAQUARUÇÚ.

Horizonte		Composição granulométrica da TFSA (%)				relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)			
símbolo	profundidade (cm)	areia grossa	areia fina	silte	argila		real	aparente				
A	0 - 14	8	6	36	50	0,72	3,39	1,85	45,43			
B _{tc}	14 - 66	7	3	11	79	0,14	3,33	1,76	47,14			
BCc	66 - 82	12	7	42	39	1,08	3,35	2,17	35,22			
pH (1:2,5)		complexo sortivo (meq/100 g)						V (%)	m(%)	C(%)	P (ppm)	
água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	CTC				
6,1	5,2	6,10	2,08	0,34	8,52	0,00	7,20	15,72	54,20	0,00	1,09	2
5,6	4,8	5,60	3,14	0,04	8,78	0,00	5,40	14,18	61,92	0,00	0,76	3
5,8	5,0	7,82	4,40	0,05	12,27	0,00	6,30	18,57	66,07	0,00	0,76	5

1.3 SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS

Os solos hidromórficos gleyzados compreendem segundo EMBRAPA (1984), aqueles solos que, devido as condições de drenagem deficiente por condições diversas, apresentam cores neutras nos horizontes subsuperficiais, característica do ambiente redutor que se encontra o perfil, podendo ou não apresentar mosqueados proeminentes e coloração variegada. Em alguns casos esses solos podem, devido ao elevado acúmulo de matéria orgânica na camada superficial, apresentar coloração brunada ou mesmo negra. Na classe dos solos hidromórficos gleyzados são incluídos solos pertencentes a vários Grandes Grupos, como é o caso das Areias Hidromórficas, Hidromórfico Cinzento, Gley Pouco Húmico e Gley Húmico. Segundo EMBRAPA (1988), o horizonte gley pode ser um horizonte C, B, E ou A, exceto fraco e turfoso, sendo que sua espessura deve conter no mínimo 15 cm podendo conter até 15 % de plintita.

Segundo OLIVEIRA, JACOMINE E CAMARGO (1992), pela própria condição de formação destes solos, caracterizados principalmente por situações de aportes de colúviação ou de aluvionamento que normalmente condiciona a formação de microrrelevos por toda a área, estes solos não apresentam um padrão de distribuição uniforme das características morfológicas e analíticas nem ao longo do perfil nem ao longo da área (horizontalmente).

A textura destes solos é normalmente argilosa, embora sua definição esteja diretamente relacionada ao material formador do solo. De uma maneira geral, sua estrutura apresenta-se com aspecto maciço e sua consistência é variável de acordo com sua mineralogia.

Como a textura, estes solos possuem a fertilidade ligada ao tipo de material parental sendo portando de consituição variável.

O relevo onde estes solos desenvolvem-se é praticamente plano, com declividades não superiores a 3%.

A vegetação natural é constituída principalmente de florestas de várzeas como campos de várzeas constituídos por vegetais higrófilos.

1.3.1 UNIDADE BARREIRO (Hi)

a) Classificação - SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS
textura argilosa relevo plano.

b) Localização

Estes solos aparecem em relevo plano, mal drenado margeando algumas porções do rio Ivaí.

c) Características morfológicas

Dentre as características já relatadas para cada classe de solo, destacam-se para esta unidade as seguintes características:

- apresentam perfil pouco profundo que varia de 100 a 180 cm;
- a parte superficial pode estar recoberta por material coluvial arenoso e claro;
- a área onde se encontram estes solos é totalmente ocupada por agricultura, que em muitos casos já ocorreram misturas entre as camadas mais superficiais com as subsuperficiais.
- teores médios de carbono não superaram 2,62% para a camada superficial.

Em decorrência do seu desenvolvimento em região de baixada e planície aluvionar, estes solos apresentaram variação textural que aliado a condições de microrelevo, que é comum nessas áreas, conforme relatado por OLIVEIRA et al. (1982), transfere aos solos variações morfológicas tanto no sentido vertical como no horizontal.

A principal área de ocorrência refere-se às bacias aluvionares próximas ao rio Ivaí, que ao longo de seu curso tem depositado parte do material que compõe estes solos. Nas épocas do ano mais chuvosas, essas áreas constantemente são inundadas, ficando nesta situação, período variado, de acordo com as condições climáticas que permitem a redução do nível de água do rio Ivaí, causador das enchentes.

Devido à retirada de material argiloso para abastecimento de olarias instaladas no município de Ivatuba e Dr. Camargo, áreas anteriormente ocupadas por solos hidromórficos foram totalmente devastadas, mas como a expressão cartográfica é muito

reduzida, o mapeamento foi considerado de forma a abranger todas as situações, englobando-se estas áreas classificadas como Tipo de Terreno.

- Horizonte A

Devido aos reduzidos teores de matéria orgânica sobre a camada superficial destes solos, não foram encontrados na área de estudos nenhum horizonte húmico ou turfoso. O horizonte A é predominantemente moderado, sendo que em diversos locais, devido a condições de uso e manejo, estes solos sofreram total alteração da camada superficial havendo em muitos casos, a mistura do material da parte superficial com o da parte subsuperficial do perfil.

A porosidade deste perfil normalmente é elevada, sendo sua textura variada de acordo com o material coluvial depositado. No caso da unidade Ivaí, este material possui textura areno/argilosa, de coloração clara ou brunada com matiz concentrado em 7,5 YR com relação valor/croma em 3/4 e 5/4.

- Horizonte C

Por toda a área observada, constatou-se variações em sua composição, havendo alteração em cor, textura e consistência. A estrutura pôde ser visualizada apenas através de perfil aberto em barranco ou em valetas abertas para drenagem das várzeas, uma vez que as observações realizadas através das tradagens não permitiam, devido as condições de drenagem reduzida, definir sua constituição estrutural.

d) Características analíticas

Na Tabela 34 são apresentados os valores encontrados para algumas características analíticas referentes a três pontos de amostragem realizadas na unidade Barreiro, referentes a classe de Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados.

Tabela 34 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO HIDROMÓRFICO COMPONENTE DA UNIDADE BARREIRO.

ponto n ^o	camada	pH	C ¹	S ²	m ¹	V ¹	CTC ²	T ³	Argila ¹	Silte ¹	Areia fina ¹	Areia grossa ¹
10	a	5,7	2,11	13,67	0,00	63,08	21,67	45,96	26,50	50,00	22,80	0,70
	b	5,8	0,67	14,10	12,42	73,44	19,20	42,80	37,80	47,10	14,40	0,70
14	a	4,1	2,07	17,60	3,19	78,57	22,40	29,89	43,80	48,20	5,40	2,60
	b	4,8	0,55	15,05	30,55	65,86	22,85	33,56	60,70	26,30	8,80	4,20
15	a	5,5	2,14	19,50	0,00	66,55	29,30	63,25	31,10	64,40	4,50	0,00
	b	6,1	0,67	18,26	0,00	77,18	23,66	52,79	39,10	50,90	9,80	0,20
		¹ %	² meq/ 100 TFSA					³ meq/ 100 g de argila				

Através da análise dos dados da tabela 34 observa-se que tais solos são moderadamente ácidos à fortemente ácidos (ponto 14), mas com elevada fertilidade natural, com valores de saturação de bases acima de 50% para todos os pontos observados. A soma de bases é muito elevada, condicionada basicamente pelo depósito de elementos trazidos pelo rio. Os valores de T elevados pressuõe a existência de minerais com estrutura complexa na fração argila. Com excessão ao ponto 14b, a textura possui a fração silte como a de maior importância. Mesmo assim, observa-se variações dentro e entre os pontos de amostragem.

PERFIL Nº 6 - UNIDADE BARREIRO

Classificação - SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS textura argilosa relevo plano.

Localização : estrada da Balsa, município de Ivatuba, penúltimo carreador à direita, próximo ao rio Ivaí, coordenadas geográficas 23° 39' 7.5" (S) e 52° 12' 43.7" (O).

Situação e declive: perfil aberto em barranco.

Litologia e Formação Geológica: Sedimentos quaternários.

Material de Origem: Sedimentos quaternários provenientes da deposição aluvial.

Relevo Local e Regional: plano e ondulado.

Altitude : 275 m.s.n.m.

Drenagem: mal drenado.

Erosão: não aparente.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia de várzea.

Uso Atual: culturas anuais.

A_p - 0 - 24 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido) e bruno (7,5YR 5/2, seco); média; fraca média e pequena granular e grãos simples; macio; muito friável; não plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

AB - 24 - 33cm, bruno-escuro (7,5 YR 4/2, úmido) e bruno (7,5 YR 5/2, seco); média; forte subangular médio; duro; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

C_{1g} - 33 - 45 cm, cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2, seco); média; forte subangular médio; duro; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

C_{2g} - 45 - 78 cm, amarelo-claro acinzentado (5Y 7/3, seco); argilosa; maciça; muito duro; muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

C_{3g} - 78 - 96 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2); franca; maciça; muito duro; plástico e pegajoso; transição clara e plana.

C_{4g} - 96 cm +, bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2); argilosa; maciça; muito duro; muito plástico e muito pegajoso.

Observações - o perfil anteriormente descrito encontra-se localizado em área de várzea agricultável, portanto, com a parte superficial do perfil totalmente revolvida. Por estar localizado em um barranco, onde normalmente uma faixa é não agricultável, a parte superficial é recoberta por gramíneas, que condiciona o aparecimento de elevado número de raízes pequenas e muito pequenas, propiciando ao solo uma porosidade elevada. Tais raízes decrescem em quantidade a medida em que se aprofunda no perfil, sendo encontradas apenas até o horizonte AB. O horizonte C_g é caracterizado pela sua coloração cinza e presença de mosqueados amarelados, decorrentes da oxidação de pequenos fragmentos de basalto em processo de intemperização. O lençol d'água é observado próximo ao barranco a mais ou menos 250 cm de profundidade.

Tabela 35 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO PERFIL REPRESENTATIVO DOS SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS.

Horizonte		Composição granulométrica da TFSA (%)				relação Silte/Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)			
símbolo	profundidade (cm)	areia grossa	areia fina	silte	argila		real	aparente				
Ap	0 -24	1	51	20	28	0,71	3,17	1,30	59,06			
AB	24-33	2	33	32	33	0,97	3,03	1,52	49,83			
C _{1g}	33-45	6	14	52	28	1,85	2,74	1,60	41,61			
C _{2g}	45 - 78	1	14	47	38	1,23	2,78	2,05	26,21			
C _{3g}	78 -96	6	18	63	13	4,84	2,86	1,86	34,90			
C _{4g}	96 ⁺	7	7	49	37	1,32	2,86	2,14	25,10			
pH (1:2,5)		complexo sortivo (meq/100 g)							V (%)	m(%)	C(%)	P (ppm)
água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	CTC				
5,7	4,6	10,00	3,52	0,15	13,67	0,00	8,00	21,67	63,08	0,00	2,11	10
5,4	4,8	12,20	4,70	0,35	17,25	0,10	6,70	24,05	71,72	0,57	1,26	10
5,5	4,2	9,50	2,70	0,35	12,55	0,00	4,20	16,75	74,92	0,00	0,72	12
5,8	3,8	9,52	4,48	0,10	14,10	2,00	3,10	19,20	73,44	12,42	0,67	13
5,3	3,6	10,40	6,00	0,15	16,55	1,80	4,25	22,60	73,23	9,81	0,42	15
5,3	3,5	10,70	7,80	0,28	18,78	2,20	4,70	25,68	73,13	10,48	0,42	14

1.3.2 UNIDADE ENCALHADO (Hi)

a) Classificação

SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS textura muito argilosa relevo plano.

b) Localização

Estes solos localizam-se principalmente margeando o rio Paiçandú, principalmente onde este desenvolve um padrão meandrante., podendo ser encontrados também ocupando pequenas faixas estreitas ao longo dos córregos Jacutinga, dos Alves e Silvana.

c) Características morfológicas

Os solos hidromórficos desta unidade diferem daqueles encontrados na unidade Barreiro por apresentarem na superfície uma camada superficial avermelhada, composta por materiais coluvionares advindos das partes superiores do terreno, ocupados principalmente por latossolos e terras roxas estruturadas. A profundidade deste solos variaram de 80 a 140 cm, ocorrendo porém solos hidromorfizados com menos de 30 cm de espessura, sendo portanto classificados como cambissolos gleycos em um nível mais generalizado.

Os perfis apresentam em toda a extensão do rio elevado número de grânulos de diâmetro variável compostos por óxidos de Fe, Ti e Mn.

A textura destes solos observada em teste de campo apresentou-se como muito argilosa.

1.4 CAMBISSOLOS

Sobre esta designação, segundo EMBRAPA (1988), compreendem solos minerais não hidromórficos, cujo horizonte B possui um certo estágio ou grau de evolução, mas não o suficiente para desenvolvimento de cor ou estrutura, de natureza variável, que não apresenta requisitos suficientemente estabelecidos que possam enquadrá-los como outra classe de solos em nível categórico superior. Por serem derivados de diferentes materiais de origem e desenvolvidos sobre diferentes condições climáticas, tais solos apresentam características físico-químicas e mineralógicas das mais volúveis possíveis. Segundo OLIVEIRA et al. (1982), a conceituação desta classe de solos não está ainda bem elaborada, considerando-se cambissolos portanto, a nível de classificação, todos aqueles solos que apresentam B incipiente ou câmbico. As cores mais freqüentes, apesar de sua diversidade, são de tonalidades amarela e brunadas, nos matizes 5 a 10YR, tendo a classe textural variando desde franco arenosa até a argilosa, com teores de silte geralmente elevados, com estrutura em blocos, fraca ou moderadamente desenvolvidas ou maciça, com raros casos de estrutura fortemente desenvolvidas (OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO, 1992). Os autores, complementando as principais características dos cambissolos, comenta que tais solos não contém cerosidade e quando presente, normalmente é pouca a fraca, de modo geral restrita às paredes de canais e poros.

1.4.1 UNIDADE PAIÇANDÚ (Ce)

a) Classificação

Cambissolo gleico eutrófico Ta A moderado textura argilosa e muito argilosa substrato rochas eruptivas básicas do derrame do trapp.

b) Localização na Paisagem

Estes solos localizam-se principalmente próximos a calha de drenagem dos rios Taquaruçú e Paiçandú.

c) Características morfológicas

Os cambissolos desta unidade diferem basicamente de outros encontrados na área de estudos, por apresentarem horizonte de subsuperfície com características de gleyzação. Isto deve-se necessariamente devido a proximidade destes solos com a parte aplainada de deposição aluvial do curso do rio Paiçandú, onde devido as condições de drenagem deficiente levam a hidromorfização de parte do perfil. Dentre as características gerais que descrevem os cambissolos, os solos desta unidade apresentam:

- CTC > 15 meq/100 g TFSA;
- Horizonte Bi parcialmente hidromorfizado com colorações que variam do vermelho 2,5YR a bruno 10YR.
 - Pequena espessura, não atingindo além de 70 cm de profundidade;
 - Em alguns locais, devido as condições de relevo mais acentuado e movimento superficial de água que levam a um maior desgaste da parte superficial, estes solos podem apresentar elvada pedregosidade;
 - A estrutura pode variar de forte blocos subangulares pequenos e médios ou sem estrutura;
 - Elevado número de grânulos e concreções ferruginosas e manganosas por todo o perfil.
- Horizonte A

Estes solos apresentam Ap, ou apenas uma camada de material detrítico, friável e sem coesão que advem coluvialmente das porções adjacentes do terreno. Sua coloração mais freqüente possui matiz 10YR e valor cromacroma 4/2 e 5/2.

Em alguns locais, devido as condições de uso e manejo, este solo encontra-se truncado ou com revolvimento das camadas superficiais e subsuperficiais. A textura é muito argilosa e a consistência do solo seco é ligeiramente duro, friável quando úmido e muito plástico e muito pegajoso quando molhado.

- Horizonte B

O Horizonte câmbico destes solos sofre variações nas suas características, devido as condições de drenagem, por toda a área que estão localizados, seguindo o curso do rio.

Sua coloração pode apresentar-se com tons acinzentados, naqueles locais onde ocorrem flutuações do lençol freático, não possuindo espessura suficiente para caracterizá-lo como um B gleico.

A textura é geralmente muito argilosa, podendo apresentar na fração areia elevado número de grânulos oxídicos, variavelmente distribuídos pelo perfil.

Em locais de profundidade mais reduzida, estes solos apresentam pedregosidade elevada, proveniente da meteorização do basalto.

d) Características analíticas

São apresentados na Tabela 36 valores de algumas características analíticas consideradas importantes para análise dos dados relativos as amostras coletadas no campo. De cada característica determinou-se a média, o valor máximo, mínimo, o coeficiente de variação e o limite de confiança conforme OLIVEIRA et al. (1982).

Os resultados obtidos de 8 pontos de coleta para a camada superficial e subsuperficial revelam a heterogeneidade apresentada pelos solos componentes desta classe uma vez que o coeficiente de variação (C.V.) para as amostras apresentou-se, para a maioria das características, valores elevados.

- pH. Estes solos apresentaram valores médios de pH para a camada superficial e subsuperficial 5,71 e 5,95 respectivamente sendo caracterizados como levemente ácidos.

- Carbono. Os valores de carbono para a camada superficial são relativamente baixos (1,48% para camada superficial), para solos localizados normalmente em baixadas e sujeitos a hidromorfismo. Neste caso, as áreas de várzea já forma drenadas e o cultivo de arroz é intensivo, não havendo mais a camada orgânica original.

Tabela 36 - MÉDIA (\bar{x}), VALOR MÍNIMO E MÁXIMO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (C.V.), E LIMITE DE CONFIANÇA (t.S.x) DE CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS DA CAMADA SUPERFICIAL (a) E SUBSUPERFICIAL (b) DA UNIDADE PAIÇANDÚ.

Característica	Camada	Nº de pontos	Máximo	Média t.S.x	Mínimo	C.V. ¹
pH	a	8	6,30	5,71±0,48	4,70	10,18
	b	8	6,90	5,95±0,48	5,10	9,79
Carbono ¹	a	8	2,62	1,48±0,51	0,55	41,66
	b	8	2,14	1,07±0,47	0,55	52,95
m ¹	a	8	2,10	0,44±0,59	0,00	162,10
	b	8	6,02	1,47±1,68	0,00	136,92
CTC ²	a	8	18,68	15,00±1,67	11,66	13,33
	b	8	30,63	15,58±6,76	7,52	52,04
T ³	a	8	80,20	25,40±18,06	5,07	85,22
	b	8	122,80	30,27±32,68	2,52	129,39
S ²	a	8	15,28	10,08±1,82	7,74	21,65
	b	8	22,37	9,60±5,60	3,12	69,96
V ¹	a	8	81,80	66,94±6,54	52,87	11,72
	b	8	82,94	56,40±11,14	39,47	23,68
Argila ¹	a	8	50,50	39,13±7,89	20,20	24,17
	b	8	92,90	56,45±18,04	19,80	38,30
Silte ¹	a	8	69,10	49,50±6,82	42,60	16,53
	b	8	43,80	29,18±20,57	7,10	84,50
Areia fina ¹	a	8	6,50	4,04±1,22	1,00	36,26
	b	8	9,20	3,06±2,17	0,00	84,91
Areia grossa ¹	a	8	22,00	7,32±6,28	0,50	102,90
	b	8	42,00	11,31±12,65	0,00	134,18
¹ %	² meq/100g de TFSA				³ meq/100 g de argila	

- Soma de bases (S). O valor médio de 10,08 meq/100g TFSA para a camada superficial e de 9,60 meq/100g TFSA para a camada subsuperficial demonstra a alta concentração de cátions presentes, transferindo a estes solos elevada fertilidade natural.

- Saturação de bases (V). Os valores médios elevados de saturação acompanham o de soma de bases, classificando estes solos, de uma maneira geral, como eutróficos.

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC e T). Em decorrência do material coluvial, os solos desta unidade apresentaram para os valores T, coeficiente de variação relativamente elevado, sendo os valores médios encontrados para a camada superficial de 58,21 meq/100g de argila e de 36,75 meq/100g de argila para a camada subsuperficial, demonstrando tratar de solos com complexo coloidal de alta atividade.

- Saturação de alumínio (m). Os valores médios de saturação de alumínio das camadas superficial e subsuperficial, respectivamente 0,44 e 1,47%, são relativamente baixos, principalmente na camada superficial, em parte decorrente da utilização de corretivos.

- Granulometria. O fato destes solos estarem próximos ou dentro de bacias aluvionais, condiciona o recebimento de material coluvial de diferente natureza. Isto é particularmente refletido pela granulometria, onde os coeficientes de variação de quase todas as frações são relativamente altas. Os valores médios encontrados nas camadas superficiais e subsuperficiais são discordantes para todas as frações granulométricas.

1.4.2 UNIDADE ACEROLA (Ce)

a) Classificação

Cambissolo eutrófico Ta A moderado textura argilosa e muito argilosa relevo ondulado substrato rochas eruptivas básicas do derrame do trapp.

b) Localização

Estes solos localizam-se basicamente na parte central da área de estudos onde o relevo é mais movimentado, formado principalmente por pequenos moros.

c) Características morfológicas

Os solos desta unidade apresentam profundidades que variam de 80 a 160 cm, e sequência A Bi C R. A textura observada foi argilosa a muito argilosa. Suas características morfológicas são semelhantes aquelas encontradas nos solos da unidade Cambissólica, mas com perfis menos profundos. A capacidade de troca catiônica (T) da argila é superior a 24 meq/ 100 g de argila, possuindo portanto em sua mineralogia da fração argila, minerais de estrutura complexa.

- Horizonte A

Este horizonte é caracterizado por possuir elevados teores de carbono, definindo uma coloração mais escura que a relação valor/croma 4/3. A cobertura vegetal é basicamente constituída de gramíneas, sendo que em alguns pontos onde o solo possui maior profundidade, são implantadas culturas anuais. Devido a presença de gramíneas este horizonte possui elevado número de raízes. A drenagem da camada superficial é boa, com estrutura em blocos fortemente desenvolvida conjuntamente a uma estrutura granular. O horizonte A recebe das partes mais elevadas, material coluvial, sendo encontrado em alguns pontos pedregosidade elevada.

- Horizonte B

Por se tratar de um horizonte incipiente, eles apresentam características variadas no que diz respeito as suas propriedades químicas e físicas. Sua profundidade é variada de acordo com a posição no relevo, tornando-se mais espesso à medida que se afasta da parte mais declivosa. Em alguns pontos de observação ocorrem o aparecimento de elevada pedregosidade, decorrente do material coluvial remanejado situado à montante. Em outros a pedregosidade diminui, a profundidade aumenta e características

morfológicas bem destacadas como presença de cerosidade forte e abundante e estrutura em blocos subangulares fortemente estabelecida são observadas.

d) Características analíticas

Nesta unidade apenas dois pontos foram amostrados, cujos resultados são demonstrados na Tabela 37.

Em relação a granulometria, apenas o ponto 37 de amostragem apresentou 1% de cascalho para a camada superficial e 5% de cascalho para a camada subsuperficial. Os cambissolos desta unidade em semelhança aos litólicos, possuem elevada saturação de bases e argilominerais de alta atividade, que caracterizam seu pequeno grau de desenvolvimento.

e) Área Ocupada

Esta unidade situa-se numa pequena porção central do município mapeada ocupando uma área de 1,55 Km² ou 155,8 ha.

Tabela 37- CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS REFERENTES À DOIS PONTOS DE COLETA DOS CAMBISSOLOS.

ponto n ^o	camada	pH	C ¹	S ²	m ¹	V ¹	CTC ²	T ³	Argila ¹	Silte ¹	Areia fina ¹	Areia grossa ¹
37	a	6,3	4,70	23,50	0,00	79,31	39,00	46,61	39,30	44,40	6,80	9,50
	b	5,7	0,55	23,80	0,00	78,03	30,5	72,79	38,50	52,80	6,40	2,30
61	a	6,3	2,50	25,56	0,00	82,03	31,16	40,30	49,40	37,50	5,00	8,10
	b	6,1	0,87	22,08	0,00	83,05	27,28	33,37	70,00	15,10	4,00	10,90
		¹ %	² meq/ 100 TFSA				³ meq/ 100 g de argila					

1.5 SOLOS LITÓLICOS

Sobre esta designação estão compreendidos segundo EMBRAPA (1984), os solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos que apresentam rochas consolidadas ou parcialmente meteorizadas, ou grande quantidade de cascalho, matacões ou calhaus pouco ou nada decompostos, abaixo de um horizonte A, C ou B, desde que este tenha desenvolvimento relativo e de pequena espessura (menos de 20 cm). As características destes solos normalmente restringe-se aquelas designadas ao horizonte A, as quais são variadas de acordo com o material parental. Normalmente este horizonte possui espessura variando entre 15 e 40 cm.

Esses solos ocorrem normalmente em topografia acidentada, em relevo ondulado ou mais declivoso, o que os tornam, associados a sua pequena espessura, muito susceptíveis à erosão. Devido também a pequena profundidade, estes solos apresentam reserva hídrica bastante limitada, comprometendo a sua capacidade de suporte vegetal, principalmente nos períodos de escassez de chuvas.

A erosão destes solos os predispõe a um contínuo processo de rejuvenecimento condicionando o aparecimento de minerais de argila de estrutura complexa, o que eleva os valores de capacidade de retenção de cátions pelos minerais.

UNIDADE SERRINHA (R)

a) Classificação

SOLOS LITÓLICOS eutróficos A moderado textura média fase pedregosa relevo ondulado substrato rochas eruptivas básicas.

b) Localização na Paisagem

Os solos que compõe esta unidade localizam-se em uma pequena porção geomorfologicamente dissecada pela drenagem.

c) Características morfológicas

Os solos desta unidade apresentaram pequenas profundidades com sequência de horizontes A/R e A/C/R. O horizonte superficial apresenta-se bastante escuro com relação valor/croma 3/3 ou menor. A vegetação é basicamente constituída de gramíneas, apesar de apresentar porções da área ocupada por reflorestamento (eucalipto), culturas perenes (café e acerola, com inexpressiva área de ocupação) e culturas anuais (milho e feijão).

d) Características analíticas

Na Tabela 38 são apresentados os valores de algumas características analíticas referentes a quatro pontos de coleta dos Solos Litólicos encontrados na unidade Serrinha.

A Tabela 38 demonstra que, do ponto de vista químico, este solo apresenta valores elevados de soma de bases e conseqüentemente elevada saturação (V), sendo classificados portanto como eutróficos. Isto deve-se ao desenvolvimento sobre o basalto. A mineralogia da fração argila possui estrutura complexa, como indicado pelos valores elevados de T, o que vem em concordância com os resultados obtidos por LIMA (1979). Os valores de silte são explicados pela incompleta meteorização do basalto, que em apenas 1 ponto de amostragem, apresentou valores de argila em torno de 20 e 25%.

Tabela 38 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE 5 AMOSTRAS REFERENTES AOS SOLOS LITÓLICOS DA UNIDADE SERRINHA.

ponto n ^o	camada	pH	C ¹	S ²	m ¹	V ¹	CTC ²	T ³	Argila ¹	Silte ¹	Areia fina ¹	Areia grossa ¹
36	a	6,1	3,00	30,79	0,00	84,37	36,49	142,7 9	16,10	58,30	13,90	6,70
60	a	6,2	3,73	39,58	0,00	88,78	44,58	264,7 8	20,70	44,60	17,20	17,50
62	a	5,9	1,63	26,61	0,00	78,01	34,11	123,9 8	21,60	57,80	11,60	8,00
	b	6,0	1,56	37,24	0,00	81,95	45,44	153,6 8	25,00	50,70	12,00	8,30
67	a	5,9	1,03	42,60	0,00	89,68	47,50	180,8 6	23,70	56,50	9,60	7,20
¹ %			² meq/ 100 TFSA					³ meq/ 100 g de argila				

Tabela 39 - PORCENTAGENS DE CALHAUS E CASCALHOS ENCONTRADOS NA AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS SOLOS LITÓLICOS.

ponto nº	camada	calhaus(%)	cascalho(%)
36	a	1	5
60	a	0	0
62	a	0	1
	b	0	4
67	a	1	3

PERFIL Nº 7 - UNIDADE SERRINHA

Classificação - SOLO LITOLICO EUTRÓFICO A moderado textura média fase pedregosa relevo forte ondulado e ondulado substrato rochas eruptivas básicas.

Localização : estrada Ivatuba - Maringá, Km 5, estrada secundária que contorna a Serrinha, coordenadas geográficas 23° 35' 55.82" (S) e 52° 10' 7" (O).

Situação e declive: Perfil aberto em barranco, em terço superior da encosta relevo forte ondulado com 30 % de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp (basalto), do Grupo São Bento, do Jurássico-Cretáceo.

Material de Origem: Saprolito proveniente da decomposição do basalto.

Relevo Local e Regional: forte ondulado e ondulado.

Altitude : 415 m.s.n.m.

Drenagem: Bem drenado.

Erosão: forte.

Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual: gramíneas, culturas anuais e reflorestamento com eucalipto.

A - 0 - 31 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/3, seco); argiloso; forte média granular e fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente duro; friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

C - 31 - 40 cm, material de rocha em decomposição misturado a fragmentos de rochas não intemperizados.

R - 40 cm +, basalto desagregado.

Observações - devido a condição de reflorestamento, o perfil apresenta elevado número de raízes de diâmetros variados. Em partes próximas ao local onde foi aberto o perfil,

existe material coluvial sobre o Horizonte A. Tal material é constituído de uma massa mineral detrítica, incoerente, muito friável e sem estratificação, assemelhando-se ao material encontrado e descrito por OLIVEIRA et al. (1982). A capacidade de reserva de água destes solos é baixa, mas mesmo assim, o reflorestamento cresce com vigorosidade.

Os resultados analíticos deste perfil referem-se ao ponto de amostragem número 62, já demonstrados na Tabela 38.

1.6 SOLOS ALUVIAIS

Segundo EMBRAPA (1984), estes solos são pouco desenvolvidos, não hidromórficos, derivados normalmente de sedimentos transportados pelos rios (aluviais) ou resultantes de processos de colúviação. Com excessão do Horizonte A, que devido a processos pedogenéticos possui características morfológicas definidas e próprias, o perfil é composto por camadas que podem ou não apresentar diferenciações entre si, tanto nas características físicas como químicas e mineralógicas. Sua composição é relativa ao material depositado e portanto, pode estabelecer ao perfil características bastante variáveis, que podem ser alteradas consideravelmente a uma curta distância vertical e/ou horizontal (OLIVEIRA, JACOMINE & CAMARGO, 1992). Na maioria das vezes, estes solos apresentam cores claras, podendo ocorrer o aparecimento de camadas intercaladas no perfil com colorações mais escuras. Quando ocorre este fato, a diferenciação entre os estratos torna-se mais facilitada. Estes solos ocorrem principalmente próximo aos rios, em posição de baixada e relevo praticamente plano. A vegetação predominante são as florestas e campos de várzea.

UNIDADE IVAÍ (Ae)

a) Classificação - SOLOS ALUVIAIS eutróficos A moderado textura média relevo plano.

b) Localização na Paisagem

Em conjuntos com alguns solos hidromórficos, estes solos apresentam-se principalmente nas áreas de baixada e relevo plano próximo ao rio Ivaí.

c) Características morfológicas

Os solos aluviais presentes nesta unidade são caracterizados principalmente pela elevada fertilidade, textura variada por todo o perfil, composta de camadas aluvionares com diferentes colorações. O horizonte A é moderado com matiz 10YR e relação valor/croma 5/3. Esta classe de solo localiza-se bem próximo ao leito do rio e possui variação em relação à largura que ocupa a área cartograficamente. Em certas porções do leito do rio Ivaí este solo desaparece por completo e em outras faixas podem atingir mais de 100 metros de largura. A vegetação é a mesma encontrada sobre os solos hidromórficos.

- Características analíticas

Na Tabela 40 são apresentados os valores encontrados para algumas características analíticas referentes a três pontos de amostragem realizadas na unidade Ivaí, referentes a classe de Solos Aluviais.

Observando-se os dados apresentados na Tabela 40, nota-se que tais solos possuem acidez moderada, com grande quantidade de nutrientes, com exceção da camada b do ponto de coleta número nove, que além da reduzida soma de bases, apresentou valor elevado de saturação em alumínio, sendo portanto classificado como álico. Os elevados valores de T permitem, como no caso dos solos hidromórficos desta unidade, predizer uma mineralogia complexa da fração argila. Esses solos são basicamente arenoso, tendo a fração areia fina a maior participação. Apesar de ter sido apresentado uma camada com caráter álico, estes solos foram classificados como unidade como solos eutróficos.

Tabela 40 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS ALUVIAIS COMPONENTES DA UNIDADE IVAÍ.

ponto nº	camada	pH	C ¹	S ²	m ¹	V ¹	CTC ²	T ³	Argila ¹	Silte ¹	Areia fina ¹	Areia grossa ¹
09	a	5,7	1,33	10,21	0,00	73,40	13,91	55,77	14,20	20,50	61,50	3,80
	b	5,4	0,67	3,48	65,82	48,47	7,18	18,25	22,80	30,50	46,70	0,00
11	a	5,7	2,40	11,49	0,00	66,07	11,39	35,05	18,80	33,10	43,40	4,70
	b	5,8	0,52	8,16	36,55	68,23	11,96	49,33	19,50	21,40	59,10	0,00
12	a	5,8	0,55	7,78	0,00	54,48	14,28	91,47	12,90	12,40	66,70	8,00
	b	5,6	0,67	8,53	1,39	75,29	11,33	101,7	8,17	16,10	63,60	12,10
		¹ %	² meq/ 100 TFSA				³ meq/ 100 g de argila					