UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**OS CAMBISSOLOS DA PORÇÃO CENTRAL DA
PROVÍNCIA ESTRUTURAL DA MANTIQUEIRA
E SUAS RELAÇÕES COM OS LATOSSOLOS:
ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE**

Fernando Barreto Rodrigues e Silva

Orientador: Prof. Dr. Adolpho José Melfi

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Geologia Geral e de Aplicação

São Paulo
1985

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005470

OS CAMBISSOLOS DA PORÇÃO CENTRAL DA
PROVÍNCIA ESTRUTURAL DA MANTIQUEIRA
E SUAS RELAÇÕES COM OS LATOSSOLOS:
ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE

Fernando Barreto Rodrigues e Silva

Orientador: Prof. Dr. Adolpho José Melfi

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. A.J.Melfi	
Examinadores:	Dr. A.Carvalho	
	Dr. M.Resende	
	Dr. J.L.I.Demattê	
	Dr. ^a S.M.B.Oliveira	

São Paulo
1985

*À minha esposa Maria,
e aos meus filhos
dedico*

ÍNDICE

	Pg.
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
AGRADECIMENTOS	xvii
INTRODUÇÃO	1

PRIMEIRA PARTE

CAPÍTULO I - OS SOLOS ESTUDADOS

1. CONCEITOS BÁSICOS	3
2. OCORRÊNCIA NO BRASIL	4
3. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	6

CAPÍTULO II - ESTUDO DO MEIO FÍSICO

1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	12
2. ESCOLHA DOS PONTOS DE ESTUDO	12
3. GEOLOGIA	15
4. CLIMA	18
5. RELEVO	21
6. VEGETAÇÃO	26
7. OS SOLOS PRESENTES; DISTRIBUIÇÃO E INTERRELAÇÕES	27

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

1. MATERIAIS	29
2. MÉTODOS	30
2.1. Campo	30

	Pg.
2.2. Laboratório	30
2.2.1. Análises Físicas	31
2.2.2. Análises Químicas	32
2.2.3. Análises Mineralógicas	36
2.2.4. Análises Microscópicas	39
2.2.5. Análises Petrográficas	40

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO IV - ESTUDO MORFOLÓGICO

1. DESCRIÇÃO DOS PERFIS ESTUDADOS	41
1.1. A Região de Nova Friburgo - Serra dos Órgãos - RJ	42
1.1.1. Perfil NF1	42
1.1.2. Perfil NF2	44
1.1.3. Perfil NF3	46
1.2. A Região do Alto do Itatiaia - RJ	48
1.2.1. Perfil AI1	48
1.3. A Região do Alto Planalto da Bocaina - SP	50
1.3.1. Perfil PB1	51
1.4. A Região do Planalto de Campos do Jordão - SP	52
1.4.1. Perfil CJ1	53
1.4.2. Perfil CJ2	54
1.5. Região do Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense, Serra Negra - SP	55
1.5.1. Perfil SN1	56
1.6. A Região do Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense, Campina Grande do Sul - PR	57

	Pg.
1.6.1. Perfil CS1	58
1.6.2. Perfil CS2	59
1.7. Região do Planalto do Guapiara, Apiaí - SP	60
1.7.1. Perfil AP1	61
2. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS MORFOLÓGICOS	62

TERCEIRA PARTE

CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. ANÁLISES FÍSICAS	74
1.1. A Granulometria	74
1.2. Argila Dispersa em Água e Grau de Floculação	79
1.3. Densidade aparente e real	80
1.4. Porosidade Total	80
1.5. Resumo	81
2. ANÁLISES QUÍMICAS	85
2.1. O Complexo Sortivo	85
2.1.1. O pH em água e KCl, ΔpH	85
2.1.2. Soma de bases trocáveis (Valor S)	85
2.1.3. Alumínio extraível e a relação $100.A1^{+++} / A1^{++} + S$	86
2.1.4. Capacidade de troca de cátions (CTC ou Valor T)	87
2.1.5. Saturação de bases (Valor V%)	91
2.1.6. Resumo	91
2.2. Análises Químicas Totais, Parciais e suas Relações	94

2.2.1. SiO_2 e Al_2O_3	97
2.2.2. As relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (K) e $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ (Kr)	97
2.2.3. Fe_2O_3 do ataque por ácido sulfúrico e perclórico + fluorídrico	99
2.2.4. A relação ferro livre (Fe_d)/ferro total (Fe_t)	104
2.2.5. A cinética de dissolução do ferro e extração com oxalato de amônio e a relação Fe_o/Fe_d	104
2.2.6. Alumínio livre (Al_d), extraível pelo oxalato de amônio (Al_o) e suas relações	108
2.2.7. Resumo	108
2.3. A Matéria Orgânica	109
2.3.1. Distribuição do carbono total e relação C/N nos perfis	110
2.3.2. Distribuição e composição do húmus	116
2.3.3. Resumo	120
3. ANÁLISES MINERALÓGICAS	120
3.1. Mineralogia da Fração Argila ($< 2 \mu\text{m}$)	120
3.1.1. Os argilo-minerais e hidróxidos de alumínio	121
a. Gibbsita e caulinita	121
b. Micas e seus pseudomorfos	124
3.1.2. Óxidos e hidróxidos de ferro	137
3.2. Mineralogia da Fração Silte ($2-50 \mu\text{m}$)	141
3.3. Mineralogia da Fração Areia ($50-2000 \mu\text{m}$)	143
3.4. Resumo	145

QUARTA PARTE

CAPÍTULO VI - INTERPRETAÇÕES GERAIS

1. ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE NA PORÇÃO CENTRAL DA PROVÍNCIA ESTRUTURAL DA MANTIQUEIRA	148
1.1. Origem e Dinâmica dos Produtos Secundários	148
a. Evolução dos feldspatos	149
b. Evolução das biotitas	152
1.2. Caracterização Geoquímica dos Processos de Alteração	154
1.3. Pedogênese	157
1.3.1. Evolução mineralógica e organização <u>estrutural</u> ao nível do perfil	157
1.3.2. Interpretação histórica	160
CONCLUSÕES FINAIS	164
BIBLIOGRAFIA	168
ANEXOS	192

ÍNDICE DAS FIGURAS

	Pg.
Figura 1 - Províncias estruturais do Brasil.	13
Figura 2 - Área da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira.	13
Figura 3 - Distribuição das unidades geotectônicas da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira.	16
Figura 4 - Localização das áreas de estudo e respectivas unidades geomorfológicas.	23
Figura 5 - Esboço da distribuição dos principais tipos de solos da região estudada.	28
Figura 6 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis NF1, NF2 e NF3.	76
Figura 7 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis AI1, PB1, CJ1 e CJ2.	77
Figura 8 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis SN1, CS1, CS2 e AP1.	78
Figura 9 - Relação carbono e CTC para 100g de argila, pelo método gráfico (BENNEMA, 1966b), referentes aos perfis NF1, NF2 e NF3.	88
Figura 10 - Relação carbono e CTC para 100g de argila, pelo método gráfico (BENNEMA, 1966b), referentes aos perfis AI1, PB1, CJ1 e CJ2.	89
Figura 11 - Relação carbono e CTC para 100g de argila, pelo método gráfico (BENNEMA, 1966b), referentes aos perfis SN1, CS1, CS2 e AP1.	90

- Figura 12 - Representação gráfica da relação molecular $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ (ki) dos solos estudados. 98
- Figura 13 - Curvas cumulativas de dissolução do ferro por sucessivos tratamentos ácido-básicos, em horizontes selecionados dos perfis NF1, NF2, NF3, AI1 e PB1. 106
- Figura 14 - Curvas cumulativas de dissolução do ferro por sucessivos tratamentos ácido-básicos, em horizontes selecionados dos perfis CJ1, CJ2, SN1, CS1, CS2 e AP1. 107
- Figura 15 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis NF1, NF2 e NF3, (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda; e (8) ác. húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separadas. 112
- Figura 16 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis AI1 e PB1: (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; e (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda. 113
- Figura 17 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis CJ1, CJ2 e SN1: (1) matéria orgânica leve; (2)

ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda; (8) ác. húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separados.

114

Figura 18 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis CS1, CS2 e AP1: (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda; e (8) ác. húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separados.

115

Figura 19 - Difrátogramas de raios X de amostras deferificadas dos diversos horizontes do perfil NF2, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺-25°C, Mg⁺⁺ - Etileno Glicol, saturada com K⁺-25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

126

Figura 20 - Difrátogramas de raios X de amostras deferificadas dos diversos horizontes do perfil AI1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺-25°C, Mg⁺⁺-Etileno Glicol, saturada com K⁺-25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

127

Figura 21 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-

rificadas dos diversos horizontes do perfil CJ1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B_2), saturada com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

128

Figura 22 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-rificadas dos diversos horizontes do perfil NF1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B_{22}), satura-da com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, satu-rada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

129

Figura 23 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-rificadas dos diversos horizontes do perfil NF3, da argila fina (AF) e argila grossa (AG).

130

Figura 24 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-rificadas dos diversos horizontes do perfil CJ2, a. argila fina, b. argila grossa.

130

Figura 25 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-rificadas dos diversos horizontes do perfil PB1, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B_2), saturada com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

131

Figura 26 - Difrátogramas de raios X de amostras defer-rificadas dos diversos horizontes do perfil SN1, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B_{22}), saturada com

Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C. 132

Figura 27 - Difrátogramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CS2, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B_2), saturada com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C. 133

Figura 28 - Difrátogramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil AP1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B_2), saturada com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C, d. tratada com citrato de sódio. 134

Figura 29 - Difrátogramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CS1, a. argila fina, b. argila grossa. 135

Figura 30 - Análise térmica diferencial da argila fina (AF) e argila grossa (AG) de horizontes B dos diversos solos estudados. 136

Figura 31 - Difrátogramas de raios X da fração argila, em amostras não orientadas, dos perfis AI1 e CJ2, após tratamento com NaOH 2N.
An: anatásio; Gt: goethita; Ht: hematita, e
Qt: quartzo. 138

ÍNDICE DE QUADROS

	Pg.
Quadro 1 - Síntese dos dados climáticos das áreas de estudo.	19
Quadro 2 - Síntese dos dados morfológicos.	65
Quadro 3 - Análise física dos perfis estudados: granulometria, densidade aparente, real e suas relações.	82
Quadro 4 - Análise química: pH, complexo sortivo (S e T), saturação de bases e relação $100.Al^{+++}/Al^{+++} + S$.	92
Quadro 5 - Análise química: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 resultantes dos ataques sulfúrico (t), perclórico + fluorídrico (T), ácido (HCl) e base (NaOH) alternado, ditionito (d) e oxalato (o).	95
Quadro 6 - As relações moleculares SiO_2/Al_2O_3 (Ki) e SiO_2/R_2O_3 (Kr) do ataque sulfúrico e outras relações entre os óxidos de ferro e alumínio (Fe_t : extraível pelo ácido sulfúrico; Fe_T : extraível pelos ácidos perclórico + fluorídrico; Fe : extraível pelo ditionito; e Fe_o : extraível pelo oxalato de amônio).	100
Quadro 7 - Fracionamento da matéria orgânica. Carbono total, Nitrogênio e relação C/N.	118
Quadro 8 - Dados semi-quantitativos da caulinita, gibbsita e mica, e estimativa dos outros minerais da fração argila fina e grossa, dos horizontes B_2 dos solos estudados.	122
Quadro 9 - Teores de goethita e hematita em horizontes selecionados dos solos estudados e cor úmida.	139

Quadro 10 - Composição mineralógica da fração silte (fino e grosso), dos horizontes B ₂ dos solos estudados.	142
Quadro 11 - Composição mineralógica da fração areia, dos horizontes B ₂ dos solos estudados.	144

RESUMO

Para o estudo das características e gênese dos cambissolos e latossolos, que ocorrem na Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira, foram selecionados onze perfis de solos e alteração, além de amostras complementares.

Foram executadas análises físicas, químicas e mineralógicas, com enfoque especial na análise microscópica dos diversos horizontes dos solos e alteração, com o intuito de seguir as transformações mineralógicas e estruturais.

Pode-se afirmar que nas condições de clima úmido da região, a hidrólise intensa é o mecanismo responsável pela formação das coberturas pedológicas. No entanto, as pequenas variações climáticas constatadas seriam insuficientes para explicar a existência de solos em graus tão diversos de evolução. Sem dúvida, a topografia é o fator principal que condiciona, em linhas gerais, a intensidade do processo hidrolítico e, conseqüentemente, a gênese e a distribuição dos solos nos diferentes setores da região estudada.

Portanto, em função dos diversos compartimentos geomorfológicos, a região foi subdividida em duas grandes áreas, de acordo com a natureza dos produtos secundários dominantes e a organização estrutural do material do solo.

Os cambissolos das regiões serranas das partes setentrional e central desenvolvem-se "in situ" com uma pequena contribuição de material remanejado na parte superficial. Estes solos constituem a base de perfis rejuvenescidos pela erosão e apresentam uma mineralogia tipicamente gibbsítica, com uma certa proporção de minerais interestratificados (biotita - vermiculita Al) e caulinita de baixa cristalinidade. Eles representam um estágio de evolução incompleta, onde o pedoplasma é pouco diferente do plasma de alteração, com uma herança muito grande de mine-

rais pseudomorfos de biotita e feldspato, além de produtos amorfos de ferro e alumínio.

Por outro lado, os cambissolos da parte meridional da região estudada constituem perfis espessos para solos dessa classe, sem reserva de minerais primários alteráveis, tipicamente cauliníticas, mas que apresentam uma quantidade importante de vermiculita com Al interlamelar. A característica câmbica atribuída a estes solos prende-se a sua fraca organização estrutural. A análise microscópica revelou que o plasma de alteração sofreu uma fraca reorganização a nível do pedoplasma. Neste caso, o material apresenta-se eminentemente apédico, onde destacam-se separações plásmicas em quantidades elevadas.

Os latossolos ocupam as posições mais baixas em relação aos cambissolos e desenvolvem-se sobre material transportado das partes mais altas do relevo, não existindo, portanto, uma relação vertical entre o plasma de alteração e o pedoplasma. Os materiais, já bastante alterados, transformam-se rapidamente e apresentam uma evolução do pedoplasma no sentido da microagregação, típica do B latossólico.

ABSTRACT

The genesis and distribution of cambisols and latosols occurring in the Central Part of the Structural Province of Mantiqueira were studied through the analysis of eleven soils and alteration profiles and some supplementary samples.

Physical, chemical and mineralogical analysis were carried out and a special emphasis was given to the microscopic studies aiming the evolution of the mineralogical and structural transformations.

Intensive hydrolysis was found to be the mechanism responsible for the formation of the pedologic cover, under the climatic conditions of the region. Nevertheless, the slight climatic variations observed, could not explain the presence of soils with different evolution degrees. Undoubtly, the topography is the main factor, which accounts for the different intensities of the hydrolitic process and consequently for the genesis and distribution of the soils in the different parts of the studied region.

On the basis of the various geomorphological compartments, the region was subdivided into two main areas, according to the nature of the dominant secondary products and the structural organization of the soil material.

The cambisols from the highland of the northern and central parts were developed "in situ" with a slight contribution of reworked material on the surface. These soils constitute the roots of eroded profiles, and contain mainly gibbsite, and a certain amount of interlayered minerals (Al - biotite - vermiculite) and poorly crystallized kaolinite. They represent an incomplete evolution state, where the pedoplasma is slightly different as compared to the alteration plasma which contains pseudomorphic minerals of biotite and feldspars, as well as iron and aluminium amorphous material.

On the other hand the cambisols from the southern part of the studied region present profiles that are thicker than ordinary soils of that category. These soils have no weatherable primary minerals and are typical kaolinitic showing a considerable amount of vermiculite with interlayer aluminium. In this case, the material is apedic with a lot of plasmic separations.

The latosols, occurring in the lower parts as compared to the cambisols are developed from transported material and consequently there is no relationship between the pedoplasma and the alteration plasma. The material originally well altered, change rapidly and show a pedoplastic evolution towards the micro aggregation which is typical of the latosolic B horizon.

AGRADECIMENTOS

Durante o desenvolvimento desta tese, muitas foram as vezes em que o estímulo e a força para continuar este trabalho vieram espontaneamente de pessoas que nos apoiaram com dedicação, e contribuíram com sua experiência e conhecimento.

De maneira sincera, queremos expressar nosso agradecimento às pessoas e entidades que prestaram serviços e apoiaram técnica e financeiramente a execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Adolpho José Melfi, pela orientação, ensinamentos que nos transmitiu e pelo amplo apoio durante a realização deste trabalho.

Aos professores Boris Volkoff e Armand Chauvel, de maneira especial, queremos expressar nosso reconhecimento pela dedicação e orientação nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos Drs. João Wanderley da Costa Lima (in memoriam), Paulo Klinger Tito Jacomine e Clotário Olivier da Silveira, aos quais devemos nossa formação profissional, e dos quais sempre obtivemos o apoio necessário e oportuno.

Ao Dr. Abeilard Fernando de Castro, ex-chefe do SNLCS da EMBRAPA, pelo incentivo dispensado no ambiente de trabalho e na realização desta pesquisa.

Ao professor Dr. Adilson Carvalho, pela compreensão com que nos distinguiu, facilitando os meios para que concretizássemos o nosso objetivo.

Ao professor Jean Delvigne, pelos ensinamentos, críticas e sugestões prestadas durante os trabalhos de microscopia e ao professor José Vicente Valarelli, pelas facilidades concedidas para a realização da microscopia eletrônica.

Aos Drs. Ubaldino Dantas Machado e Antonio Alvin Dusi, pelo incentivo e apoio dado na confecção desta tese.

Ao Dr. Carlos Clemente Cerri, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela assistência nos trabalhos de fracionamento da matéria orgânica.

Aos colegas do Serviço Nacional de Levantamento de Solo da EMBRAPA, Loiva Lizia Antonello, Paulo Cardoso de Lima, Therezinha Costa Lima Bezerra, Maria Amélia de M. Duriez, Ruth Andrade Leal Johas, Elias Pedro Mothci, Luiz Alberto R. Medeiros, Alcides Cardoso e a todos, que de maneira direta ou indireta, contribuíram com sua capacidade e experiência para a realização desta tarefa.

A Sylvain Raymond Locati e auxiliares Cleide, Sueli e Mirtes, pelo auxílio na realização das diversas análises nos laboratórios de geoquímica e raios X.

A Murilo Rodolfo de Lima, Maria José Marinho do Rego e Maria Tereza Nóbrega, colegas e amigos que muito facilitaram o nosso trabalho e, com sua amizade, tornaram gratificante a nossa permanência no Instituto de Geociências da USP.

Aos que participaram na execução da forma final deste trabalho: Mario Luiz Diamante Aglia, na elaboração dos desenhos; a equipe gráfica do IG; a Sra. Claudete Salinas, pela organização das tabelas e zelo nos trabalhos de datilografia; e a Sra. Marcia Cristina Melfi Tomaz, pelas sugestões e revisão final do texto.

E finalmente, à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade que nos concedeu para a realização desta tese de doutoramento.

INTRODUÇÃO

O acervo de dados a respeito dos solos brasileiros pode ser considerado bastante expressivo, o que já permitiu, inclusive, a elaboração de um mapa geral de distribuição de solos, na escala 1: 5.000.000 (EMBRAPA/SNLCS, 1981).

Contudo, apesar de elevado número de publicações especializadas, alguns aspectos de grande importância, principalmente sobre a alteração e pedogênese dos solos, têm sido pouco a bordados.

O problema torna-se particularmente complexo, quando solos pertencentes a classes distintas, nos diferentes sistemas de classificação de solos, apresentam características comuns, o que dificulta sua identificação e distinção.

A ocorrência de cambissolos associados a latossolos em determinadas regiões do Brasil constitui, sem dúvida, um problema no contexto pedológico que carece elucidação.

Esses solos, que ocorrem de maneira generalizada em quase todo o Brasil, ocupam uma parte importante da região sul e sudeste. Por esta razão, a Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira constitui uma região altamente propícia para o desenvolvimento de uma pesquisa, onde se pretende realizar um estudo das características e gênese desses solos.

Na presente pesquisa, com a finalidade de caracterizar e correlacionar os processos responsáveis pela formação e distribuição desses solos nas paisagens da região, foi realizado um trabalho sistemático em diferentes escalas (paisagem, perfil e amostras), visando a coleta de informações sobre os processos que interagiram na gênese dos solos.

Diversas excursões de campo a diferentes áreas da região escolhida para o estudo, facilitaram a compreensão da gêne-

se e distribuição dos solos nas diferentes paisagens. Nesta fase, foram realizadas as descrições morfológicas dos perfis de solos e coletadas diversas amostras de solo, alteração e rocha, nos quais foram processadas análises físicas, químicas, mineralógicas e microscópicas, que permitiram atingir os objetivos acima propostos.

Com o intuito de proporcionar ao leitor um conhecimento progressivo da matéria em desenvolvimento, o trabalho foi dividido da seguinte maneira:

- a primeira parte foi consagrada a uma rápida revisão da bibliografia, onde os solos foram conceituados; a um breve estudo do meio natural, e aos materiais e métodos utilizados na pesquisa;

- a segunda parte comporta o estudo morfológico (macro e microscópico) dos diversos solos;

- na terceira parte, foram abordados os dados analíticos (resultados e discussões);

- finalmente, a quarta parte foi consagrada a uma interpretação geral de todo o conjunto, o que possibilitou a elaboração das conclusões finais.

PRIMEIRA PARTE

CAPÍTULO I - OS SOLOS ESTUDADOS

1. CONCEITOS BÁSICOS

Do ponto de vista taxonômico, os cambissolos correspondem a solos com horizonte B incipiente ou câmbico (similar a "cambic horizon", conforme Soil Taxonomy - ESTADOS UNIDOS, 1975) e com baixa relação textural entre A e B, normalmente inferior a 1,5. Por outro lado, os latossolos, geralmente associados, correspondem a solos com horizonte B latossólico (similar à parte não hidromórfica de "oxic horizon", conforme Soil Taxonomy - ESTADOS UNIDOS, op.cit.).

Em geral, estas duas classes de solos apresentam características distintas e, até certo ponto, antagônicas, herdadas dos processos pedogenéticos. No entanto, em determinadas situações, esses solos podem apresentar características bastante similares, tornando-se difícil a sua distinção. Este fato é comprovado pela presença de unidades de mapeamento, em diversos levantamentos de solos realizados no Brasil, onde as unidades são constituídas por tipos intermediários entre cambissolo com argila, de atividade baixa (Tb), e latossolo, com predomínio de um ou de outro.

A distinção entre as duas classes de solos foi estabelecida com base nas características do horizonte B diagnóstico, visto que ambas apresentam solos com fraca diferenciação textural entre A e B. Portanto, o horizonte B incipiente ou câmbico pode apresentar características morfológicas semelhantes a um B latossólico, diferindo deste por apresentar um ou mais dos seguintes requisitos, conforme BRASIL (1979):

- capacidade de troca de cátions, após correção pa

ra carbono calculada pelo método gráfico ou regressão (BENNEMA, 1966b), maior do que 13 meq/100g de argila;

- relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) determinada na fração argila ou terra fina (< 2mm), maior que 2,2;

- presença de 4% ou mais de minerais primários cuja resistência ao intemperismo seja muito baixa, baixa ou média (feldspatos, biotitas, etc) e/ou 6% ou mais de muscovita, determinada na fração areia (porém referidos à terra fina < 2mm);

- relação silte/argila igual ou superior a 0,7 quando a textura for média, e igual ou superior a 0,6 quando argilosa;

- pode apresentar 5% ou mais do volume total do horizonte, com estruturas da rocha original.

2. OCORRÊNCIA NO BRASIL

Os latossolos são os solos mais frequentes no território brasileiro, normalmente ocupando grandes extensões. Ocorrem em todas as situações climáticas, encontrando-se de norte a sul do país.

Eles são encontrados associados a quase todos os tipos de solos não hidromórficos, especialmente podzólicos, e, em algumas situações, ocorrem associados a cambissolos.

Os cambissolos apresentam ocorrência generalizada em várias regiões do Brasil, entretanto, sua maior expressão cartográfica é limitada a determinadas áreas. Trata-se de uma classe de solos, cuja evolução é incompleta. Por esta razão possuem uma grande variedade de características inerentes ao material de origem e às condições morfoclimáticas das áreas onde se desenvolvem. Segundo o Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA/SNLCS, 1981), estão

distribuídos preferencialmente em duas zonas e ocorrem normalmente associados aos latossolos.

A primeira dessas áreas encontra-se na Região Nordeste, onde, sob clima semi-árido, a hidrólise é parcial, conduzindo à transformação incompleta dos minerais das rochas, o que possibilita a formação de solos pouco desenvolvidos, do tipo cambissolo. De maneira global e simplificado, pode-se dizer que os cambissolos do Nordeste, em quase sua totalidade, são desenvolvidos a partir de calcários de idade cretácica (Chapada do Apodi - RN/CE) e de rochas do Grupo Bambuí, especialmente calcários e ardósias que se distribuem em vastas áreas dos Estados da Bahia, Sergipe e Minas Gerais. Em menor escala, granitos e gnaisses constituem litologias que também participam na formação desses solos.

Nessas áreas, os cambissolos são quase sempre de alta fertilidade natural e apresentam boa reserva de minerais primários alteráveis, principalmente quando desenvolvidos a partir de granito e gnaisses. Apresentam coloração avermelhada, ocorrendo também as cores vermelho-amareladas e até amareladas. Devido ao clima que provoca a rápida destruição da matéria orgânica, estes solos são pouco húmíferos.

A segunda área encontra-se nas Regiões Sul e Sudeste, onde os cambissolos ocorrem sob condições frias de altitudes elevadas do sul de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e, principalmente, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Aí predominam os cambissolos de coloração brunada, de baixa fertilidade natural e normalmente húmicos. Nessas zonas existe uma evolução toda especial, provavelmente influenciada pelo clima e pela presença da matéria orgânica em grande quantidade. Assim, tem-se, por um lado, uma alteração rápida de determinados minerais primários, e, por outro lado, a permanência de minerais parcialmente alterados (pseudomorfos), que ficam mais ou menos residuais nos perfis de solos.

Além dessas duas áreas principais, ocorrências esparsas e de menor expressão de cambissolos são observados no ter-

ritório brasileiro.

Na Região Norte, os cambissolos não encontram condições propícias para seu desenvolvimento, sendo, portanto, restritas suas ocorrências. Apenas no Estado do Acre, sobre argilitos, encontra-se uma área bem representativa de cambissolos associados a podzólicos, ambos com argila de atividade alta (Ta). Isto pode ser explicado pela ação da litologia como fator preponderante na formação desses solos, muito embora o clima seja favorável à formação de solos mais evoluídos.

Outra ocorrência de menor importância situa-se no Brasil Central, especialmente nas proximidades do Distrito Federal. As litologias são representadas, neste caso, por filitos, xistos, micaxistos e ardósias, que contribuem para a formação de cambissolos de baixa fertilidade natural e solos intermediários para latossolos.

3. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Uma rápida revisão da bibliografia existente mostra que, das duas unidades de solos escolhidas para este estudo comparativo, a dos latossolos é, sem dúvida, a mais bem conhecida dos pedólogos brasileiros.

Em primeiro lugar, deve-se citar as observações feitas pela própria Comissão de Solos (BRASIL, 1960). Os latossolos foram considerados solos velhos e de difícil relação com o substrato geológico. Estudos posteriores levaram a definí-los como desenvolvidos sobre materiais retrabalhados (BRASIL, 1962).

Quanto aos cambissolos, a primeira referência que se tem notícia no Brasil deve-se a HARDY (1959), em que o autor refere-se a "yellow latosols" no Estado de Minas Gerais, desenvolvidos a partir de filitos da Série Minas. Mais tarde, no levantamento dos solos do Estado de São Paulo, estes foram denominados

"Solos de Campos de Jordão" (BRASIL, op.cit.).

A denominação cambissolo, dada para solos com B incipiente ou "cambic horizon" (ESTADOS UNIDOS, 1975), foi pela primeira vez utilizada para determinados tipos de solos, que ocorrem na Chapada do Apodi - RN/CE (BRASIL, 1971). Naquela ocasião, os solos em questão, assemelhavam-se aos latossolos que ocorrem associados, diferindo, entretanto, pela maior capacidade de troca de cátion ($CTC > 13 \text{ meq}/100\text{g}$ de argila), pela alta relação silte/argila e, por vezes, pela presença de carbonato de cálcio livre em sua massa.

Posteriormente, vários trabalhos foram executados em todo o Brasil, destacando-se os realizados pela Comissão de Solos, atual Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (BRASIL, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980a e 1980b). Nas Regiões Sul e Sudeste, destacam-se, além de outros, os trabalhos de MELFI (1967), CERRI (1974 e 1979), OLIVEIRA et alii (1975 e 1976), QUEIROZ NETO (1975), CARVALHO (1976), PÖTTER (1977), PÖTTER & KÄMPF (1981), KÄMPF & SCHWERTMANN (1983a), MODENESI (1980 e 1984), MODENESI et alii (1982) e ANTONELLO (1983).

QUEIROZ NETO (1975) fez várias considerações a respeito da gênese dos solos do Planalto Atlântico, porém sem atender para as relações existentes entre os cambissolos e latossolos. O autor comenta, entretanto, que solos com B latossólico encontram-se sobre superfícies de erosão Plio-Pleistocênicas e desenvolvem-se sobre materiais retrabalhados em discordância com o substrato geológico.

Com relação aos solos denominados latossolos fase rasa no Estado de São Paulo (BRASIL, 1960), o autor salienta a presença de micas em quase toda a extensão do perfil, sobretudo no horizonte B, e afirma que a relativa abundância desse mineral contraria uma das condições básicas para definir os perfis com B latossólico ausência de minerais primários alteráveis (BRASIL op.cit.; BENNEMA, 1963). Justificando esta presença, levanta a hipótese de tratar-se de material retrabalhado de origem mista,

parcialmente provenientes de latossolos muito evoluídos, com edições, em maior ou menor grau, de material pouco alterado das vertentes. Assim, estes solos seriam caracterizados como cambissolos.

Para CERRI (1979), os latossolos também são desenvolvidos de materiais retrabalhados e apresentam uma história evolutiva muito complexa.

Com relação aos cambissolos, o autor observou que os mesmos ocupam posições topográficas mais elevadas e de relevo forte ondulado. Salienta, ainda, que estes solos constituem a base de perfis rejuvenescidos pela erosão nas regiões de clima quente e úmido. A erosão dos horizontes superficiais expõe os horizontes profundos e mais ricos em minerais primários pouco alterados. Este processo explicaria, então, a presença de solos pouco espessos a rasos situados próximos de solos profundos (latossolos e podzólicos), sobre o mesmo tipo de rocha, clima e vegetação. Por outro lado, nas regiões de clima semi-árido, representam solos em equilíbrio com as condições bioclimáticas atuais.

O estudo das características e gênese de cambissolos e latossolos que ocorrem associados, embora de grande interesse no desenvolvimento atual de conhecimento dos solos do Brasil, não tem sido alvo de trabalhos mais detalhados. Portanto, raras são as pesquisas que tratam do assunto.

RODRIGUES E SILVA (1977) estudou a gênese desses solos em região semi-árida, desenvolvidos sobre calcário do Grupo Bambuí. O autor constatou que o principal processo de formação dos solos é baseado no mecanismo de alteração pelicular e em massa (insovolume) do calcário, seguida de uma lenta e progressiva dissolução dos carbonatos, com posterior eliminação pelas águas de drenagem e gradual acumulação de resíduos não carbonatados. Após a remoção dos carbonatos e evacuação lenta e progressiva das bases, teria havido uma transformação dos minerais argilosos de estrutura 2:1 (esmectitas) para caulinita. Observou ainda que, quando o calcário é maciço e duro e de baixa absorção capi-

lar, a alteração é do tipo pelicular e tem-se a formação de latos solos. Por outro lado, quando o calcário apresenta-se estratificado e em posição sub-vertical, a alteração é do tipo isovolume ou em massa, originando cambissolos.

Em climas úmidos e frios de altitudes elevadas, POTTER (1977) estudou os cambissolos e latossolos no Rio Grande do Sul, e mostrou que existe uma pedogênese especial sobre riódacitos. A alteração atua de maneira intensa em certos minerais. Os plagioclásios se transformam diretamente em gibbsita que, posteriormente, pode recombina-se com a sílica pra formar argilo-minerais 1:1 (caulinitas). As muscovitas são resistentes nesse ambiente, e, normalmente, permanecem na massa do solo, e as biotitas transformam-se em minerais 2:1 cloritizados e minerais interestratificados.

OLIVEIRA et alii (1975) e 1976) constataram que os cambissolos e latossolos das áreas de altitudes elevadas da Região Sudeste apresentam sinais de uma atividade pedogenética muito intensa, traduzida pela baixa saturação de bases e por uma mineralogia representada essencialmente por caulinita e gibbsita. Aparentemente, os perfis analisados apresentam características morfológicas e analíticas que chegam a confundir-se. Entretanto, a mineralogia da fração areia fina apresentou teores de feldspatos superiores a 5% nos cambissolos. Estes resultados, de certa forma antagônicos àqueles da análise química e da mineralogia da fração argila, podem refletir uma ação pedogenética mais branda, a ponto de permitir a ocorrência de minerais primários facilmente intemperizáveis.

De maneira geral, os cambissolos de altitudes elevadas são denominados cambissolos brunos (BRASIL, 1980b), devido a sua coloração brunada no horizonte B incipiente. Esta coloração está ligada à presença do ferro que se encontra sob a forma de goethita, principalmente na parte superficial dos perfis (POTTER & KAMPF, 1981).

KAMPF & SCHWERTMANN (1983b) estudaram as relações

entre óxidos de ferro e a cor em solos cauliníticos do Rio Grande do Sul, e entre os solos estudados estavam incluídos os latossolos e cambissolos. Os autores concluíram que "a cor desses solos é determinada pelo tipo de óxido de ferro e, principalmente, pela concentração de hematita. Os matizes, 3,5YR úmida e 6,25YR seco, permitem separar esses solos em classes mineralógicas hematíticas e goethíticas, com base respectivamente num quociente Hematita/Hematita + Goethita $> 0,4$ e $< 0,4$ ".

A relação ferro livre/ferro total, que dá uma idéia do grau de evolução, foi estudada nestes solos por RODRIGUES E SILVA (1977) e RODRIGUES E SILVA et alii (1984). Os autores encontraram uma relação Fe_d/Fe_t variando de 0,60 a 0,94, sendo os valores mais altos para os latossolos. O quociente elevado para os cambissolos foi explicado pela ausência de minerais primários contendo ferro na sua estrutura.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, KAMPF & DICK (1984), estudando os óxidos de ferro em cambissolos brunos, apresentam um quociente de Fe_d/Fe_t variando de 0,48 a 0,77, indicando a presença de ferro nos silicatos primários. Esses índices, segundo os autores, seriam inferiores aos observados em horizontes B latossólicos, que estão entre 0,85 e 0,99 (KAMPF, 1981).

Com relação ao estudo das alterações superficiais, destaca-se o trabalho de DELVIGNE (1965). No Brasil, uma nova etapa foi iniciada por MELFI (1967) ao comparar perfis sobre rochas ácidas e básicas. Recentemente, PEDRO & MELFI (1983) utilizaram o conceito de grau de alteração, tendo em vista que trabalhos anteriores, de HARRASSOWITZ (1926) e PEDRO (1964 e 1966), só consideravam o tipo de alteração. Esse novo conceito torna-se muito importante, pois considera a quantidade de minerais decompostos durante a evolução, vital no desenvolvimento do presente trabalho de tese.

Ainda sobre alteração, particularmente sobre rochas alcalinas, destaca-se o trabalho de MELFI & CARVALHO (1983) que abordaram o processo de bauxitização e fizeram considerações

sobre o referido processo. A formação da bauxita a partir da rocha alcalina é um processo direto. A gibbsita é formada diretamente dos minerais primários, sem passar por um estágio argiloso intermediário. A caulinização é, em geral, um processo ativo na alteração dessas rochas, indicando um equilíbrio da caulinita com as condições ambientais presentes. Por outro lado, a bauxitização corresponde a uma evolução passada. No presente, na maioria dos casos, as bauxitas estão sendo destruídas. Apenas em situações especiais de relevo que favorecem uma lixiviação muito forte, a bauxitização ainda é um processo ativo. Assim, pode-se ter perfis gibbsíticos nos topos e perfis com horizonte argiloso (caulinítico) intermediário entre a rocha fresca e o material bauxítico.

O estudo de vários perfis ao longo de uma toposequência no maciço alcalino de Passa Quatro permitiu verificar as relações entre os dois tipos de perfis e compreender sua gênese. Nas partes altas e íngremes da topografia, as condições de drenagem possibilitam o desenvolvimento de um manto bauxítico, desprovido de horizonte argiloso. Já nas partes mais baixas do relevo, as condições de drenagem menos pronunciadas, aliadas ao aporte de sílica por migração lateral, promovem a evolução de um manto caulinítico. Sendo este material mais impermeável, sua formação retarda a circulação das soluções e serve de obstáculo às migrações seguintes, fazendo com que o limite caulinita/gibbsita remonte em direção ao topo e provoque o aparecimento de perfis topográficos com bauxita no topo e argila na base. É evidente que nestes perfis o processo de evolução é a caulinização, que tende a ganhar as partes mais altas do relevo. Portanto, nestas situações de planalto, o manto caulinítico é que se encontra em equilíbrio com as condições ambientais, enquanto a bauxitização regride no espaço e encontra-se restrita às zonas mais íngremes do relevo.

ANTONELLO (1983), estudando a gênese de uma sequência de solos no maciço do Itatiaia, verificou que os solos menos desenvolvidos (cambissolos) ocupam as cotas mais elevadas do relevo, enquanto os mais evoluídos (latossolos) são encontrados nas partes mais baixas. Constatou também a presença de feldspato, ne-

felina e biotita nas frações areia do horizonte superior do latos solo, o que vem ratificar a idéia de retrabalhamento de material na formação desses solos.

CAPÍTULO II - ESTUDO DO MEIO FÍSICO

A Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira foi selecionada para área de estudo, tendo em vista a ocorrência generalizada de cambissolos associados a latossolos.

Esta constitui, sem dúvida, uma região altamente complexa, onde a natureza geomorfológica e bioclimática acarreta um desenvolvimento de processos pedogeoquímicos bastante particulares.

1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A Província Estrutural da Mantiqueira, definida por ALMEIDA et alii (1977), localiza-se ao longo da Costa Atlântica, a sul do paralelo 15° S, estendendo-se até a fronteira com o Uruguai. Ocupa uma área de 450.000 km², confrontando-se de um lado com as bacias costeiras e a margem continental e, do outro, com as províncias Tocantins, São Francisco e Paraná (Figura 1). A Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira, área de estudo do presente trabalho, é balizada pelos meridianos de 42° e 49° N e pelos paralelos de 22° e 26° S (Figura 2).

2. ESCOLHA DOS PONTOS DE ESTUDO

Os conhecimentos iniciais sobre a região foram adquiridos através da bibliografia especializada. Após várias excursões no campo, pôde-se ter uma idéia geral dos solos e de sua dis

Figura 1 - Províncias estruturais do Brasil. Legenda: 1. Rio Branco; 2. Tapajós; 3. São Francisco; 4. Tocantins; 5. *Mantiqueira*; 6. Borborema; 7. Amazônia; 8. Parnaíba; 9. Paraná; 10. Província Costeira e Margem Continental. (ALMEIDA et alii, 1981).

Figura 2 - Área da Porção Central da Província Estrutural da *Mantiqueira*.

tribuição nas diversas paisagens da região.

A seleção das áreas de ocorrência de cambissolos e latossolos obedeceu a alguns critérios considerados importantes.

O primeiro, diz respeito a altitude. Como é sabido, nessa região, cambissolos ocorrem de forma isolada ou associadas a latossolos, preferencialmente em altitudes superiores a 750 metros. Por esta razão, foram desprezadas as áreas situadas abaixo desta cota.

O segundo, corresponde a variação da litologia, tendo sido escolhidos locais com solos formados sobre diferentes tipos litológicos. Com este critério, objetivou-se uma melhor caracterização dos processos pedogeoquímicos.

Assim, foram selecionadas as seguintes áreas (Figura 4):

a. *Serra do Mar* - Nesta importante serra, foram selecionadas duas áreas: a primeira, localizada na Serra dos Órgãos, próxima à cidade de Nova Friburgo-RJ; e a segunda, no topo do Planalto da Bocaina, próximo ao limite estadual entre SP/RJ;

b. *Serra da Mantiqueira* - Nesta serra, foi selecionada apenas uma área, situada no alto do maciço alcalino do Itatiaia, nas proximidades do Parque Nacional do Itatiaia - RJ;

c. *Planalto de Campos do Jordão* - Nas proximidades da cidade de Campos do Jordão - SP, foram selecionadas duas áreas: uma na porção mais alta do planalto, vizinha ao Pico de Itapeva; e outra na borda do mesmo, em nível altimétrico mais baixo;

d. *Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense* - Neste planalto, foram selecionadas duas áreas: a primeira, Serra Negra, próxima ao limite estadual entre SP/PR; e a segunda, no município de Campina Grande do Sul-PR, próxima a Serra

da Graciosa;

e. *Planalto do Guapiara (Serra do Paranapiacaba)* -

A área selecionada situa-se na parte sul deste planalto, nas proximidades da cidade paulista de Apiaí.

3. GEOLOGIA

As principais estruturas geológicas da região foram delineadas no Proterozóico-Superior, nelas estando incluídos tratos geológicos mais antigos.

As litologias que constituem os materiais de origem dos solos estudados estão englobadas nas unidades geotectônicas esquematizadas na figura 3, segundo HASUI & FONSECA (1981). Destas serão descritas apenas as relacionadas com os perfis estudados e de interesse mais direto ao contexto da pesquisa.

O Complexo Costeiro - Engloba diversas unidades e conjuntos heterogêneos que têm uma grande representatividade na área. É constituído por rochas das fácies anfibolito alto e granulito, que sofreram migmatização e granitização em graus variáveis.

Seis dos perfis dos solos estudados, são desenvolvidos a partir de rochas pertencentes a esse complexo:

- Na região da Serra dos Órgãos, nas proximidades da cidade de Nova Friburgo-RJ, tem-se os perfis NF1(*), NF2 e NF3, todos desenvolvidos a partir de migmatitos desse complexo, onde destacam-se os de paleossoma rico em biotita e xisto;

- No Planalto da Bocaina, apenas um perfil (PB1)

(*) A sigla dos perfis é explicada no Capítulo II (Materiais e Métodos).

Figura 3 - Distribuição das unidades geotectônicas da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira:

1. Complexo Costeiro; 2. Faixa de Dobramentos Apiaí; 3. Faixa de Dobramentos São Roque; 4. Maciço de Guaxupé; inclui os Grupos Amparo (4a) e Paraíba do Sul (4b); 5. Complexo Juiz de Fora; 6. As Coberturas Cenozóicas; 7. Suítes Alcalinas. (HASUI & FONSECA op.cit.).

foi escolhido para o estudo. No campo, a rocha profundamente alterada parece tratar-se de um migmatito com paleossoma muscovítico;

- Na parte sul da área em estudo, no Município de Campina Grande do Sul-PR, os dois perfis (CS1 e CS2) estudados são desenvolvidos a partir de migmatitos que pertencem a esse complexo.

Faixa de Dobramentos Apiaí - Esta faixa é formada pelas seqüências metassedimentares e matavulcano-sedimentares

do Grupo Açungui, que são cortadas por diversos "stocks" e batólitos graníticos. Os metamorfitos estão expostos no leste paranaense e no sul de São Paulo, com predominância de filitos e xistos, bem como intercalações de calcários, dolomitos, rochas calcossilicáticas, metabasitos e gnaisses. Trata-se, portanto, de um pacote essencialmente metassedimentar.

Sobre estes metassedimentos foram selecionados dois perfis: o SN1 localizado no topo da Serra Negra (próximo da divisa SP/PR), desenvolvido sobre xistos, pertencentes ao Complexo Turvo-Cajati (SILVA & ALGARTE, 1981); e o AP1 desenvolvido sobre filitos, localizado nas proximidades da cidade de Apiaí-SP.

Maciço de Guaxupé - Este maciço compreende em seus domínios os complexos Varginha-Guaxupé, Campos Gerais, Silvianópolis e os Grupos Amparo e Paraíba do Sul, sendo este último escolhido para área de estudo.

O Grupo Paraíba do Sul, litologicamente, é formado por um conjunto predominante de rochas gnáissicas e migmatíticas estromatíticas, e de outras estruturas variadas, associadas a migmatitos complexos (remigmatizados).

Sobre migmatitos e gnaisses do Grupo Paraíba do Sul da região de Campos do Jordão, foram estudados dois perfis (CJ1 e CJ2).

Suítes Alcalinas - Compreendem os maciços de Itatiaia e Passa Quatro, que estão localizados na convergência do tríplice limite estadual entre Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Com uma área aproximada de 330 km² (PENALVA, 1967), o maciço de Itatiaia alcança grandes elevações na região, sendo seu ponto culminante, o Pico das Agulhas Negras com 2.787 metros de altitude.

Esses maciços são representados por rochas ígneas bem mais jovens, pertencentes à evolução meso-cenozóica da região, que se alojaram discordantemente em relação aos complexos e gru-

pos anteriormente citados ou descritos. Compreendem, principalmente, nefelina-sienitos, quartzo-alcali-sienitos e alcali-granitos, cortados por diques não individualizados de natureza fonolítica e tinguaítica (PENALVA, op.cit.).

Na região de Itatiaia, sobre rochas classificadas como nefelina-sienitos foi estudado apenas um perfil (AII).

As características concernentes à composição mineralógica, textura e estrutura das rochas que constituem os materiais de origem dos solos, encontram-se descritas no Anexo I (C - Descrição microscópica).

4. CLIMA

A região, em um todo, apresenta uma grande complexidade climática, por se tratar de uma área de topografia muito acidentada. Entretanto, as áreas escolhidas para estudo apresentam certa homogeneidade de clima, que pode ser explicada pelo fato das mesmas estarem situadas em cotas topográficas elevadas, normalmente entre 750 e 2.000 metros.

De maneira simplificada, as áreas apresentam características que podem ser enquadradas nos seguintes tipos climáticos, esquematizados no Quadro 1, segundo NIMER (1979).

A análise deste quadro permite tecer as seguintes considerações quanto aos tipos climáticos e suas relações com as diversas áreas:

Tropical Mesotérmico Brando úmido, com 1 a 2 meses secos ou super-úmido sem seca - Compreende as superfícies elevadas da Serra do Mar e Planalto da Bocaina, com clima em que predominam temperaturas amenas durante todo o ano (média anual entre 16 - 18°C) que são devidas principalmente à orografia.

Área de Estudo e Altitude	Precipitação média anual mm	Temperatura média anual °C	Classificação Climática Segundo NIMER (1979)
Serra dos Órgãos- Nova Friburgo- RJ 1.100 m	1.506,8	17,6°C	Tropical Mesotérmico Brando úmido, com 1 a 2 meses secos
Planalto da Bocaina - RJ/SP. 2.000 m	1.673,0	16° C	Tropical Mesotérmico Brando super-úmido, sem seca
Alto do Itatiaia- RJ. 2.199 m	2.359,3	11,5°C	Tropical Mesotérmico Médio super-úmido, sem seca
Planalto de Campos de Jordão - SP 1.600 m	1.563,6	13,6°C	Tropical Mesotérmico Médio super-úmido, com subseca
Serra Negra - SP 950 m	1.902,0	17,5°C	Tropical (Subtropical) Mesotérmico Brando super-úmido, com subseca
Apiaí - SP 930 m	1.324,0	17,8°C	Tropical (Subtropical) Mesotérmico Brando super-úmido, com subseca

Quadro 1 - Síntese dos dados climáticos das áreas de estudo

Nestas áreas, o verão é brando e seu mês mais quente acusa média inferior a 22°C, predominando temperaturas entre 18 e 20°C. Por outro lado, o inverno é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C (porém nunca inferior a 10°C). Em junho-julho, seus meses mais frios, são comuns as temperaturas mínimas diárias próximas de 0°C, portanto, a média das mínimas, nestas áreas, varia, nestes meses, de 6 a 8°C. A geada torna-se bastante comum, e sua média de ocorrência

durante o ano varia de 5 a 10 dias.

Com relação às precipitações médias anuais, os valores são superiores a 1.500 mm, sendo os índices de 1.506,8 mm e 1.673,0 mm observados respectivamente na região de Nova Friburgo (Serra dos Órgãos) e Planalto da Bocaina. O máximo da pluviometria se dá no solistício de verão, enquanto que o mínimo, determinando ou não a existência da seca, verifica-se no solistício de inverno. Quanto ao regime das precipitações, a região de Nova Friburgo apresenta uma pequena estação seca (1 a 2 meses), enquanto a área do Planalto da Bocaina não apresenta nenhum período seco definido.

Tropical Mesotérmico Médio super-úmido, sem seca ou subseca - Este tipo climático aparece acima das cotas altimétricas de 1.500 metros da Serra da Mantiqueira, especialmente nas áreas do Alto do Itatiaia e de Campos do Jordão. Nelas, jamais registrou-se temperatura superior a 30°C, devido ao constante resfriamento adiabático do ar, não permitindo calor nem mesmo no verão. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 17°C. Neste clima, há pelo menos um mês com temperatura média inferior a 10°C. Em Campos do Jordão, os meses de junho-julho apresentam médias compensadas inferiores a 10°C, descendo a 8,9°C no mês de julho, enquanto no Alto do Itatiaia a média compensada inferior a 10°C se dá de maio a agosto, descendo a 8,4°C em julho. As temperaturas mínimas inferiores a 0°C são comuns nessas áreas. A frequência de geadas é a mais alta do país, sendo em média de 46 e 56 dias, respectivamente, em Campos do Jordão e Alto do Itatiaia.

Tropical (Subtropical) Mesotérmico Brando super-úmido, com subseca - Todas as considerações feitas anteriormente para o clima Tropical Mesotérmico Brando são válidas para este tipo climático. No entanto, o caráter subtropical aqui aplicado tenta mostrar que se trata de áreas onde o clima é de transição entre o tropical e o temperado. Assim, já existe uma tendência de distribuição mais homogênea das precipitações pluviométricas ao longo do ano, muito embora ainda se constata um período de subse

ca nos meses de inverno.

Este tipo climático está representado por três áreas situadas próximas do limite estadual entre São Paulo e Paraná, são elas: Apiaí-SP, Serra Negra-SP e a do Município de Campina Grande do Sul-PR, próxima à Serra da Graciosa. Compreendem as superfícies que se elevam entre 750 e 950 metros, onde as temperaturas médias anuais variam de 16 a 18°C, e as precipitações médias anuais estão em torno de 1.300 mm e 1.500 mm (Campina Grande do Sul e Apiaí). A área da Serra Negra, representada pelo posto meteorológico de Barra do Turvo-SP, apresenta um índice mais elevado; da ordem de 1.900 mm. Do mesmo modo, por falta de dados da região de Campina Grande do Sul, foram utilizados os dados da estação meteorológica de Curitiba.

Pode-se concluir, pelos dados expostos, que existe uma certa homogeneidade climática entre as áreas estudadas. No entanto, as variações constatadas poderão ou não contribuir para um melhor entendimento da evolução e gênese dos solos estudados.

5. RELEVO

O relevo da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira apresenta uma diversidade de quadros morfológicos, resultantes da tectônica de arqueamento, falhamento e fraturamento que afetaram o escudo Atlântico a partir do Mesozóico. É também influenciado pelo desenvolvimento, no presente, de um modelado tropical úmido, caracterizando um vasto domínio morfo-climático, sempre subordinado à influência morfo-estrutural (ALMEIDA, 1964).

Trata-se, portanto, de uma região onde o relevo é bastante acentuado. As grandes unidades do modelado são calcadas nas estruturas geológicas e litológicas.

Por razões práticas, aqui serão descritas apenas

as zonas geomorfológicas com os respectivos tipos de relevo, que estão diretamente relacionadas com os objetivos do presente trabalho.

Serra dos Órgãos - Esta serra constitui um compartimento bastante interessante da Serra do Mar (Figura 4). Apresenta um conjunto de relevos constituídos por morros bastante elevados, cujas amplitudes locais são normalmente superiores a 300 metros (relevo montanhoso a forte ondulado), e por áreas mais baixas com morros arredondados (relevo ondulado), constituindo sedimentos intramontanos.

Segundo KING (1956), trata-se de uma região onde blocos falhados apresentam-se extremamente soerguidos, com vales encavados ao longo de direções de falhas.

De uma maneira geral, as áreas mais movimentadas apresentam declives fortes, normalmente superiores a 25%, com vertentes longas e perfis côncavo-convexos. Nas áreas menos movimentadas, os declives são mais suaves e as vertentes apresentam perfis convexos.

As altitudes são variáveis de 800 a 1.800 metros ou mesmo 2.000 metros nos pontos culminantes.

Planalto da Bocaina - Compreende um planalto cristalino, maturamente dissecado e inclinado para SE. A erosão diferencial, atuando sobre as rochas migmatíticas heterogêneas de estrutura variada, provocou a formação de um profundo entalhe, onde destacam-se as bacias dos rios Paraibuna e Paraitinga. Por outro lado, a resistência dos granitóides é que sustenta as serras alongadas em que hoje desfaz-se este planalto.

Pode-se dizer que a região apresenta dois aspectos bem distintos: uma área de relevo mais movimentado (montanhoso a forte ondulado) e mais baixo, com morros e serras alongadas, relacionada com rochas menos resistentes; e outra, com superfícies mais altas e menos movimentadas em relevo (mar de morros), sustent

tada por litologias mais resistentes. Nesta última, as amplitudes variam de uma a duas centenas de metros e as vertentes são convexas e retilíneas.

Figura 4 - Localização das áreas de estudo e respectivas unidades geomorfológicas.

Suas maiores elevações situam-se próximo a oeste, atingindo altitudes de 1.900 a 2.000 metros (Morro Tira Chapéu, com 2.085 metros). A sudeste, as altitudes são da ordem de 1.000 a 1.100 metros.

Serra da Mantiqueira - A Serra da Mantiqueira, segundo ALMEIDA (1964), corresponde ao conjunto de elevadas escarpas e morros mais ou menos isolados, em que o planalto sul mineiro termina, diante do Vale do Paraíba. As rochas que constituem essa zona apresentam comportamento variável frente à erosão. As

rochas xistosas são menos resistentes, pelo que preferidas para a abertura de vales longitudinais. Aos granulitos e quartzitos, cabe o principal papel na sustentação do relevo, e às eruptivas alcalinas, cabe suportarem o alto maciço de Passa Quatro e Itatiaia, onde destaca-se, entre outros, o Pico das Agulhas Negras com 2.787 metros de altitude. Neste maciço, o relevo é predominantemente montanhoso e escarpado, com amplitudes locais superiores a 300 metros, declividades altas, superiores a 30%, e vertentes de perfis retilíneos. Entretanto, certas áreas apresentam-se menos movimentadas, do tipo forte ondulado, integrando vales intramontanos, onde as declividades são ligeiramente menores e os perfis das vertentes são convexos e retilíneos.

Planalto de Campos do Jordão - Situado na porção oriental do Planalto Atlântico (Figura 4), o Planalto de Campos do Jordão constitui uma zona tectonicamente elevada, de estrutura cristalina complexa, maturamente dissecada a partir de uma superfície de aplainamento que nivela seus cimos ao redor de 2.000 metros de altitude "teto principal dos planaltos em bloco do Brasil Sudeste" (AB'SABER & BERNARDES, 1958).

Em um todo, trata-se de um planalto com relevo bastante acidentado (forte ondulado a montanhoso), com desníveis locais da ordem de 100 a 300 metros entre os altos espigões e o fundo dos vales próximos. Predominam declives médios a fortes, acima de 15%. Nessa região, estão presentes, ainda, áreas de relevo mais suave, principalmente nas partes mais altas do planalto, onde a menor intensidade da ação erosiva preservou relevos de amplitudes menores que variam de 50 a 100 metros (relevo ondulado).

Planalto do Guapiara - Sob esta designação fica compreendida a área correspondente ao planalto cristalino ocidental, definida por ALMEIDA (1964).

O planalto ocupa a região elevada do alto da Serra do Paranapiacaba e estende-se até as áreas cobertas pelos sedimentos da Bacia do Paraná (Figura 4).

As grandes formas do relevo acham-se condicionadas à natureza e disposição dos corpos rochosos e à situação em relação às superfícies de aplainamento que nivelam as suas estruturas.

O relevo forte ondulado e ondulado é constituído por morros com topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos e convexos e declividades médias a altas, acima de 15%. As amplitudes locais variam de 100 a 200 metros. Ocorrem, ainda, áreas com relevo mais movimentado, em função do maior entalhamento da drenagem voltada para o continente. As altitudes mais comuns estão compreendidas entre 950 a 1.000 metros, encontrando-se pontos mais elevados, 1.100 a 1.200 metros e até mesmo a 1.334 metros na Serra dos Macacos (Quartzitos).

Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense - Este planalto acha-se nivelado a 700 e 950 metros de altitude, e é drenado pela bacia do Rio Turvo e do Rio Ribeira, constituindo um prolongamento do Planalto Atlântico no Estado do Paraná.

A paisagem da zona norte desse planalto difere bastante da zona sul (BIGARELLA, 1954). Na zona norte, o planalto é entalhado nas rochas do Grupo Açungui, como filitos, xistos, quartzitos, calcários e granitos intrusivos. As faixas de quartzitos ou rochas calcárias de maior resistência à erosão elevam-se, constituindo longas cadeias de elevações íngremes. Nesta região destaca-se a Serra Negra, sob xistos, onde o topo nivelado a 950 metros é constituído por relevo ondulado com amplitudes locais menores que 100 metros, declividades médias a baixas (até 15%), e vertentes com perfis convexos a retilíneos. Por outro lado, na zona sul, em áreas próximas da Serra da Graciosa, Município de Campina Grande do Sul - PR, as rochas cristalinas (migmatitos) apresentam um suave abaulamento em forma de domo, constituindo os relevos ondulados, representados por morretes baixos e morros paralelos. As altitudes são menores, da ordem de 750 a 800 metros, e as amplitudes locais estão abaixo de 50 metros. As vertentes apresentam perfis retilíneos a convexos e os

vales são abertos.

Após a descrição das diversas unidades geomorfológicas, nota-se perfeitamente que a região da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira pode ser subdividida, em linhas gerais, em três partes principais:

- a parte setentrional, que compreende as áreas serranas com grandes espigões, que corresponde a Serra dos Órgãos;

- a parte central, também serrana, de altitude um pouco mais elevada, onde os planaltos dissecados são coroados por relevos menos movimentados. Corresponde à Serra da Bocaina, Alto do Itatiaia e Planalto de Campos do Jordão;

- finalmente, a parte meridional, constituída por um planalto rebaixado (750 - 950 metros), com elevações de topos arredondados, desde ondulado a forte ondulado. Corresponde às áreas da Serra Negra e Apiaí no Estado de São Paulo e Campina Grande do Sul no Paraná.

6. VEGETAÇÃO

Em meio bastante homogêneo, no que se refere ao clima, relevo e solos, as áreas escolhidas para o estudo apresentam uma cobertura vegetal pouco variada.

Assim, nas áreas de cotas compreendidas entre 950 e 2.000 metros da Serra dos Órgãos, domina a floresta tropical perenifólia úmida, gradando em alguns pontos para uma floresta altimontana.

Na parte central, nas áreas com cotas altimétricas entre 1.500 e 2.000 metros do Alto do Itatiaia, Planalto de Bocaina e Planalto de Campos do Jordão, ocorre, principalmente, a

floresta subtropical perúmida com araucária, constatando-se também áreas de campos. MODENESI (1980) observou que a vegetação campestre e mata organizam-se em mosaicos, estreitamente relacionados às formas de relevo, à rede de drenagem e aos solos. Esta observação parece ser válida para os outros planaltos da região estudada.

Os campos ocorrem nos topos dos relevos mais elevados dos planaltos e as florestas ocupam o fundo dos vales. Nas bordas dos planaltos e áreas muito dissecadas, com relevo serrano, o recobrimento é totalmente florestal.

Na parte sul da região (meridional), muito embora as altitudes sejam menores, compreendidas entre 750 e 950 metros, predomina o mesmo tipo de floresta subtropical perúmida com araucária. Em alguns locais, principalmente na região de Apiaí, ocorrem áreas de campos subtropicais.

7. OS SOLOS PRESENTES, DISTRIBUIÇÃO E INTERRELAÇÕES

A região estudada apresenta-se, em geral, recoberta por três principais classes de solos: cambissolos, latossolos e podzólicos, sendo comum a presença de tipos intermediários entre as classes citadas.

Segundo o Mapa de Solos do Brasil, na escala 1:5.000.000 (EMBRAPA/SNLCS, 1981), a distribuição espacial dos solos da região pode ser esquematizada de acordo com a Figura 5.

A distribuição desses solos está relacionada, principalmente, com os diferentes níveis geomorfológicos. Assim, podemos ter:

- os cambissolos, normalmente, ocupam as áreas de relevo menos movimentado dos topos das áreas serranas, onde as altitudes variam de 1.000 a 2.000 metros, com exceção da área de No

va Friburgo (Serra dos Órgãos), onde ocupam o terço médio a inferior das encostas de relevo forte ondulado a montanhoso. No sul da região, mais subtropical, os cambissolos ocorrem em níveis altimétricos mais baixos, a partir de 750 metros;

Figura 5 - Esboço da distribuição dos principais tipos de solos da região estudada.

Legenda: 1. Cambissolo húmico; 2. Cambissolo + Latossolo; 3. Latossolo; 4. Latossolo + Cambissolo; 5. Podzólico; 6. Outros solos.

- os latossolos ocupam as áreas intermediárias, de cotas altimétricas entre 650 e 1.600 metros, e apresentam um relevo variando desde ondulado até forte ondulado, sendo, por vezes, encontrados em relevo montanhoso;

- os podzólicos são bastante representados e ocupam, na região, as áreas de níveis altimétricos entre 500 e 900 metros no Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964), com relevo desde ondulado até forte ondulado. Na Zona do Litoral, as altitudes variam

de 80 a 300 metros.

Além dos solos mencionados, com características típicas das classes a que pertencem, são observados com frequência, solos intermediários entre latossolos e cambissolos, e latossolos e podzólicos.

Os tipos intermediários entre latossolos e cambissolos são bastante representados, principalmente, na região de Nova Friburgo, Planalto de Campos do Jordão e áreas do Município de Campina Grande do Sul.

Um outro tipo muito bem representado ao longo de toda a região é um intermediário entre latossolo e podzólico. Na maioria dos perfis, observam-se indícios fracos de migração de argila, testemunhada por cerosidade descontínua e fraca, com uma estrutura em blocos mais desenvolvida e uma coesão moderada a forte no topo do horizonte B(B₁). As características desses solos parece refletir uma dinâmica de processos atuais, ligados às condições bioclimáticas e geomorfológicas da região.

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

1. MATERIAIS

As amostras estudadas foram coletadas em locais previamente selecionados. Além dos horizontes pedológicos constituintes dos perfis de solos, foram coletadas as rochas e seus diferentes estágios de alteração.

A escolha das áreas para amostragem, dentro da Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira, obedeceu aos seguintes critérios de campo:

- o primeiro, foi baseado na distribuição espa-

cial dos cambissolos e latossolos nas paisagens. Procurou-se, com o auxílio de mapas pedológicos e topográficos, identificar áreas onde esses solos ocorressem associados. Como segunda alternativa, foram escolhidas áreas onde apenas os cambissolos ocorriam. Áreas representadas apenas por latossolos, não foram encontradas;

- o segundo mais importante, foi a altitude. Foram coletados perfis de solos, sempre em áreas com altitudes compreendidas entre 750 e 2.000 metros;

- o terceiro e último, levou em consideração a variação da litologia na região estudada. Portanto, procurou-se estudar solos desenvolvidos a partir de diferentes materiais de origem.

2. MÉTODOS

2.1. Campo

Os trabalhos de campo visaram a escolha dos solos e sua distribuição nas diversas paisagens da região. A caracterização morfológica dos diversos perfis foi feita de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SBCS/SNLCS, 1982).

Os perfis, para uma maior compreensão do texto, estão representados por siglas que correspondem às duas primeiras letras da área onde ocorrem, seguidas do número de perfis estudados. Assim, os perfis da área de Nova Friburgo foram denominados NF1, NF2 e NF3; área do Alto do Itatiaia - AI1; Planalto da Bocaina - PB1; Planalto de Campos de Jordão - CJ1 e CJ2; Serra Negra - SN1; Campina Grande do Sul - CS1 e CS2; e Apiaí - AP1.

2.2. Laboratório

Os trabalhos de laboratório visaram a caracteriza

ção física, química, mineralógica, micromorfológica e petrográfica das amostras, tendo em vista os objetivos propostos pela pesquisa.

2.2.1. Análises físicas

a. *Análise granulométrica*

A análise granulométrica foi processada a partir da terra fina seca ao ar (fração menor que 2mm). A separação das diversas frações foi feita em provetas de sedimentação, usando-se como dispersante a soda e, eventualmente, o calgon.

b. *A separação da fração argila fina ($< 0,2 \mu\text{m}$) e argila grossa ($2 - 0,2 \mu\text{m}$)*

Esta separação foi executada por centrifugação, segundo as técnicas descritas por ROBERT & TESSIER (1974).

c. *Argila dispersa em água (argila natural)*

Processou-se da mesma maneira como foi feito para a argila total, porém, usando-se unicamente água destilada como dispersante (*).

d. *Grau de flocculação*

Calculada segundo a fórmula:

$$100 (\text{argila total} - \text{argila disp. em água}) / \text{argila total}$$

e. *Densidade aparente (Da)*

(*) Análises executadas segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

Esta determinação foi feita em amostras com estrutura indeformada, pelo método do torrão parafinado (*), com adaptações baseadas em MILLOT et BONIFAS (1955).

f. *Densidade real (Dr)*

Determinada a partir da TFSA (fração < 2 mm), por embebição do solo com álcool etílico (*).

2.2.2. Análises químicas

a. *De rotina*

Foram realizadas as seguintes análises:

- *pH em água e em KCl*. Determinados potencialmente na suspensão solo-líquido de 1:2,5, com tempo de contato não inferior a uma hora e agitação da suspensão imediatamente antes da leitura (*).

- *Carbono orgânico*. Determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,4 N em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso 0,1 N (*).

- *Nitrogênio total*. Determinado por digestão da amostra com mistura ácida sulfúrica na presença de sulfato de cobre e de sódio; dosagem do nitrogênio por volumetria com HCl 0,01 N após a retenção do NH_3 em ácido bórico, em câmara de difusão (*).

- *Fósforo assimilável*. Extraído com solução de HCl 0,05 N e H_2SO_4 0,025 N (North Caroline) e determinado colorimetricamente em presença de ácido ascórbico (*).

(*) Análises executadas segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

- *Cálcio e magnésio trocáveis*. Extraídos com solução de KCl N na proporção de 1:20, juntamente com o Al^{+++} extraível. Após determinação deste; na mesma alíquota, são determinados juntos Ca^{++} e Mg^{++} com solução de EDTA 0,0125 M; Ca^{++} determinado em outra alíquota com solução de EDTA 0,0125 M; Mg^{++} obtido por diferença (*).

- *Potássio e sódio trocáveis*. Extraídos com solução de HCl 0,05 N na proporção de 1:10 e determinados por fotometria de chama (*).

- *Valor S (soma de cátions trocáveis)*. Calculado pela soma de $Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+} + Na^{+} = S$

- *Alumínio extraível*. Extraído com solução da KCl N na proporção de 1:20 e determinado pela titulação da acidez com NaOH 0,025 N (*).

- *Acidez extraível (H + Al)*. Extraída com solução de acetato de cálcio N, ajustada a pH 7, na proporção 1:15, determinada por titulação com solução de NaOH 0,0606 N (*).

- *Hidrogênio extraível*. Calculada pela fórmula:

$$(H^{+} + Al^{+++}) - Al^{+++} = H^{+}.$$

- *Valor T (capacidade de troca de cátions - CTC)*. Calculado pela fórmula: $Valor\ S + H^{+} + Al^{+++} = T$

- *Valor V (percentagem de saturação de bases)*. Calculada pela fórmula: $100.S/valor\ T = V\%$.

- *Percentagem de saturação com alumínio*. Calculada pela fórmula: $100. Al^{+++}/valor\ S + Al^{+++}$.

(*) Análises executadas segundo o Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

- *Ataque sulfúrico (*)*. Tratamento da TFSA com solução de H_2SO_4 1:1 (volume), por fervura, sob refluxo, com posterior resfriamento, diluição e filtração. No resíduo é determinada SiO_2 e no filtrado, Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , MnO e P_2O_5 , conforme métodos citados a seguir:

SiO_2 - Extraída do resíduo do ataque sulfúrico com solução de NaOH 0,6 a 0,8%, sob fervura branda e refluxo; determinada em alíquota do filtrado por colometria, usando-se o molibdato de amônio em presença de ácido ascórbico, em espectrofotômetro.

Fe_2O_3 - Determinado em alíquota do extrato sulfúrico, por volumetria, com solução de EDTA 0,01 M em presença de ácido sulfossalicílico como indicador.

Al_2O_3 - Determinado na mesma alíquota da determinação do Fe_2O_3 , após essa dosagem, por volumetria, usando-se solução CDTA 0,031 M e sulfato de zinco 0,0156 M, feita a correção de TiO_2 dosado juntamente.

TiO_2 - Determinado em alíquota do extrato sulfúrico, por método colorimétrico e oxidação pela água oxigenada, após eliminação da matéria orgânica. Dosado por espectrofotômetro, em presença do periodato de potássio.

P_2O_5 - Determinado em alíquota do extrato sulfúrico, por método colorimétrico, na presença do ácido ascórbico, em espectrofotômetro ou fotolorímetro.

Relações moleculares entre os óxidos do ataque sulfúrico:

- Relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki). Calculado pela fórmula: $\% \text{SiO}_2 \times 1,70 / \% \text{Al}_2\text{O}_3$.

(*) Análises executadas segundo o Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

- Relação molecular $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ (Kr). Calculado pela fórmula: $\% \text{SiO}_2 \times 1,70 (\% \text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0,64))$.

- Relação molecular $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Calculada pela fórmula: $\% \text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,57 / \% \text{Fe}_2\text{O}_3$.

b. Especiais

Foram realizadas as seguintes análises:

- *Ataque químico total*. A abertura das amostras foi efetuada com ácido fluorídrico e perclórico, segundo as técnicas adaptadas de CHARLOT (1966) e JEFFERY (1970). Os elementos Al, Fe, Mn, Ti, Ca, Mg, K e Na foram dosados por espectrometria de absorção atômica, após as diluições sucessivas para a faixa de detecção ideal para o aparelho utilizado, sendo os resultados expressos em % de óxido. Apenas o titânio foi dosado por fotometria

- *A sílica total*. Dosada por gravimetria, após fusão alcalina da amostra com carbonato de sódio, segundo CHARLOT (1966).

- *A perda ao fogo*. As amostras previamente pulverizadas e secas em estufa a 105°C , foram levadas à mufla, em cadinhos de porcelana, para calcinação a $1,000^\circ\text{C}$ durante uma hora. Os resultados foram calculados pela perda de massa durante a calcinação, e expressos em percentagem (CHARLOT, 1966).

- *Ferro livre (Fe_d)*. Extraível pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (CDB), segundo MEHRA & JACKSON (1960) e dosado por espectrometria de absorção atômica.

- *Ferro e Alumínio extraíveis pelo oxalato de amônio (Fe_o e Al_o)*. Segundo SCHWERTMANN (1973) e dosados por espectrometria de absorção atômica.

- *Dissolução seletiva do ferro e alumínio*. Pelo

ataque alternado ácido (HCl 2 N) e base (NaOH 0,5 N), segundo SE GALEN (1968), com modificações nas concentrações dos extratores, e dosados por espectrometria de absorção atômica.

- *Extração das substâncias húmicas.* O humus foi estudado na terra fina (< 2 mm) moída a 100 mesh, segundo o método de DABIN (1871), tendo sido fracionado em matéria orgânica leve (parte hidrossolúvel); em ácidos fúlvicos livres (solubilizados pelo ácido fosfórico); ácidos húmicos e fúlvicos solubilizados pelo pirofosfato de sódio; ácidos húmicos e fúlvicos solubilizados pela soda; e humina. Cada fração foi quantitativamente definida por seu teor em carbono, obtido por oxidação sulfocrômica do extrato.

O carbono orgânico total foi determinado por via seca, diretamente na mesma fração (100 mesh), por oxidação sulfocrômica em meio sulfúrico, com eliminação dos cloretos, quando necessário.

Para a relação C/N, foram usados o carbono determinado por via seca e o nitrogênio obtido segundo o Manual de Métodos de Análise de solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

2.2.3. Análises mineralógicas

a. *Difração de raios X*

A identificação mineralógica utilizando raios X foi feita tanto para amostras totais, como para as diversas frações granulométricas que as constituem. As amostras totais de solos, alteração e rochas e as frações silte e areia dos solos foram moídas a 100 mesh, e preparadas lâminas não orientadas (em pó).

Quando necessário, foram feitas algumas separações de minerais (feldspatos e micas) das frações areia, para

sua melhor identificação e avaliação do grau de intemperismo. Neste caso, os minerais separados foram moídos a 100 mesh e preparadas as lâminas em pó. Para esta separação, utilizou-se uma placa vibratória. As micas, devido a sua forma placóide, caminham até o topo do plano inclinado e caem em um recipiente, separando-se, assim, dos feldspatos e do quartzo que, devido a sua forma subangular ou arredondada, ficam na parte baixa do referido plano. Nas micas concentradas foi feito uma purificação final, com o auxílio de uma lupa binocular. O quartzo foi estudado quando de sua separação dos feldspatos.

O estudo da fração argila fina ($<0,2 \mu\text{m}$) e argila grossa ($2 - 0,2 \mu\text{m}$) foi feito, inicialmente, na amostra natural (só com eliminação da matéria orgânica), e, em seguida, em amostras submetidas aos seguintes tratamentos:

- eliminação do ferro, pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (COB), segundo MEHRA & JACKSON (1960);

- saturação com KClN a MgCl_2N das amostras, após deferrificação;

- colocação das amostras saturadas com Mg^{++} , em atmosfera de etileno glicol, para eventual expansão dos folhetos de determinados argilo-minerais;

- testes de aquecimentos nas amostras saturadas com K^+ . Foram feitos aquecimentos a 110°C , 220°C , 350°C e 550°C , para uma melhor caracterização dos argilo-minerais;

- eliminação do Al^{+++} interlamelar das vermiculitas aluminosas, pelo citrato de sódio N a quente, pH 7,3, segundo técnica descrita por ROBERT (1975), e

- eliminação dos silicatos. Para uma melhor identificação dos óxidos de ferro, processou-se a concentração dos mesmos, pela eliminação dos silicatos, por ebulição das amostras em solução de NaOH 2 N durante 30 minutos (0,4 g de argila para

cada 2 litros de soda 2N). Este processo foi baseado no método proposto por NORRISH & TAYLOR (1961), com as modificações acima.

Na identificação por difração de raios X, o aparelho utilizado foi o difratômetro marca Rigaku Denki, modelo 1976, e as condições instrumentais foram as seguintes:

Amostras totais (solos e rochas), frações granulométricas argilas, siltes e minerais extraídos das areias. Radiação Cu-K α , velocidade de observação 1º/minuto e 2º/minuto, constante de tempo 1 seg. e 2 seg., CPS 1.000 e 2.000, voltagem 35 KV, corrente 15 mA, e velocidade do papel 10 mm/minuto.

Amostras mais ricas em óxidos de ferro. Radiação Co - K α , velocidade de observação 1º/minuto, constante de tempo 4 seg., CPS 500; voltagem 35 KV; corrente 10 mA; e velocidade do papel 5 mm/minuto.

b. Microscopia eletrônica de transmissão

Como complemento para os estudos mineralógicos da fração argilosa, foram feitos estudos por microscopia eletrônica de transmissão. Objetivou-se com isso, a identificação de minerais haloisíticos, como também o grau de organização das caulinitas.

c. Avaliação quantitativa dos minerais argilosos

As determinações quantitativas e semi-quantitativas foram feitas para os seguintes minerais:

Mica - A análise quantitativa da mica foi feita com base no K₂O determinado por análise química total, segundo ALEXIADES & JACKSON (1966). Devido a presença de interestratificados contendo mica na sua estrutura (mica-vermiculita com Al interlamelar), os valores obtidos estão superestimados.

Caulinita e gibbsita - A quantificação desses

minerais foi feita por análise térmica diferencial (DTA).

O aparelho utilizado foi de marca Rigaku, e as condições instrumentais foram as seguintes: velocidade de aquecimento - 10°C/minuto; voltagem - 50/1 mV; e velocidade do papel - 5 a 2,5 mm/minuto.

A quantificação foi realizada em 200 mg de amostra (solo total e argilas) e foram usados padrões adequados de caulinita e gibbsita. Os resultados foram obtidos por comparação entre as áreas dos picos dos padrões e das amostras.

Vermiculita com Al interlamelar e interestratificado regular mica-vermiculita com Al interlamelar. Para estes minerais foi feita apenas uma avaliação estimativa pela intensidade dos picos. O método de avaliação quantitativa da vermiculita pela CTC (ALEXIADES & JACKSON, 1965) não pode ser utilizado, pois este mineral aluminoso não se comporta como uma verdadeira vermiculita.

Os óxidos e hidróxidos de ferro (goethita e hematita). Na quantificação de goethita e hematita foram planimetradas as reflexões (110) e (012), respectivamente, e comparadas com padrões apropriados, segundo KAMPF & SCHWERTMANN (1980). Os teores desses minerais foram calculados em relação ao teor de ferro livre (Fe_d).

2.2.4. Análises microscópicas

A análise microscópica foi feita em lâminas delgadas, em amostra de solo e de alteração, usando-se a terminologia de BREWER (1964) e complementada por BOCQUIER (1971), CHAUVEL (1976), STOOPS & JONGERIUUS (1975), CARNEIRO (1977), BUOL & ESWARAN (1978), BOULET (1978), JONGUERIUUS & RUTHERFORD (1979), e FITZPATRICK (1980).

Para a confecção das lâminas delgadas, usou-se a resina "Polylite T - 208", pré-caelerada e dissolvida em manômetro de estireno, seguindo-se as técnicas descritas por VERBECKE (1969).

As fotomicrografias foram feitas, utilizando-se um fotomicroscópio Zeiss.

2.2.5. Análises petrográficas

A caracterização mineralógica das diversas rochas foi feita em lâminas petrográficas, através de microscópio óptico polarizante, conforme metodologia utilizada pelo Departamento de Petrografia e Mineralogia do Instituto de Geociências da USP.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO IV - ESTUDO MORFOLÓGICO

1. DESCRIÇÃO DOS PERFIS DOS SOLOS

Os perfis dos diferentes solos analisados, apresentados a seguir, foram ordenados no sentido Norte-Sul, seguindo a variação climática do tropical para o subtropical e geomorfológica. A finalidade foi, entre outras, a de avaliar as relações existentes entre as características morfológicas e estes importantes fatores de formação.

Perfis de uma mesma região foram agrupados e comparados entre si, para possíveis correlações na escala da paisagem. Finalmente, foi feito um estudo comparativo de todo o conjunto dos perfis, para evidenciar as variações das principais características morfológicas. Para isso, levou-se em consideração a natureza das transformações mineralógicas e estruturais.

A morfologia dos perfis estudados foi avaliada na escala macroscópica de campo, segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SBCS/SNLCS, 1982). Na escala microscópica, a análise foi executada em lâminas delgadas, conforme técnicas descritas por BREWER (1964) e complementadas por BOCQUIER (1971), STOOPS & JONGERIUS (1975), CARNEIRO (1977), CHAUVEL (1976), BUOL & ESWARAN (1978), BOULET (1978), JONGERIUS & RUTHERFORD (1979), e FITZPATRICK (1980).

Neste capítulo, as características macro e microscópicas serão apresentadas de forma resumida. As descrições completas, bem como a terminologia técnica utilizada para as lâminas delgadas, encontram-se nos anexos.

1.1. A Região de Nova Friburgo, Serra dos Órgãos - RJ

A região de Nova Friburgo está inteiramente localizada no alto da Serra dos Órgãos (Figura 4), onde o substrato é constituído por migmatitos com paleossoma rico em biotita xisto (biotita gnaiss). O modelado é forte ondulado a montanhoso, com declives fortes e vertentes côncava-convexas. Entretanto, existem áreas menos movimentadas (onduladas), onde os declives mais suas apresentam perfis convexas a retilíneos. As altitudes são elevadas, normalmente de 800 a 1.800 metros. O clima é do tipo tropical mesotérmico brando úmido, com 1 a 2 meses secos, e a vegetação é a floresta tropical perenifólia úmida, transicionando para floresta altimontana.

1.1.1. Perfil NF1

Este perfil representa os solos das áreas do relevo forte ondulado a montanhoso, que ocupam, normalmente, a posição de terço médio a superior das encostas, com declives acentuados, da ordem de 45%, e vertentes com perfis côncavo-convexos. A altitude está em torno de 1.190 metros.

Do ponto de vista macromorfológico, o solo apresenta-se medianamente espesso, onde os horizontes A e B medem cerca de 155 cm, seguidos por um horizonte C com estrutura da rocha-mãe conservada (ESTAMPA I - Foto 1).

O horizonte A encontra-se subdividido em A_1 e A_3 , com espessura da ordem de 22 cm. A coloração úmida varia de brunho-escuro a brunho-acinzentado-escuro. A textura é da classe franco-arenosa, e a estrutura é do tipo granular pequena a média, fracamente desenvolvida, ocorrendo também blocos subangulares no A_3 . Acima deste horizonte, existe uma liteira constituída por restos de vegetais semi-decompostos, que formam uma camada de aproximadamente 2 cm de espessura.

O horizonte (B)* apresenta-se subdividido em (B₁), (B₂) (B₂₁ e B₂₂) e (B₃), sendo a espessura do (B₂) da ordem de 87 cm. A coloração úmida é bruno-amarelada, passando para bruno - forte no (B₃), e a textura é franco-arenosa a franco-argilo-arenosa no (B₂). Com relação a organização estrutural, este horizonte apresenta característica de B latossólico, com estrutura fraca, pequena a média blocos subangulares e moderada muito pequena granular. A porosidade do material é elevada.

Segue-se um horizonte C de alteração, com espessura da ordem de 2 metros ou mais, constituído por saprolito de biotita gnaíse.

Observa-se, no conjunto do perfil, uma fraca diferenciação textural de A para (B). Os horizontes são pouco individualizados, com transições graduais a difusas entre os subhorizontes, destacando-se apenas o horizonte A, escurecido pela matéria orgânica.

Cascalhos (5 a 8%) e raros calhaus, parcialmente alterados e de constituição semelhante a da rocha-matriz, foram constatados a partir do horizonte C até o topo de (B₂₂).

A observação microscópica permite constatar, da base para o topo (a partir da rocha-matriz até o horizonte A), transformações progressivas e contínuas de natureza mineralógica e estrutural.

Com relação às transformações mineralógicas, tem-se, no horizonte C, uma alteração quase total e rápida dos feldspatos em gibbsita. Ao mesmo tempo, forma-se um material amorfo entre as fissuras, nas quais se desenvolvem também cristais de gibbsita secundária. Estes produtos amorfos (gel) desaparecem na passagem para o horizonte (B₂₂), ESTAMPA III - Foto 2. Os feldspatos potássicos (microclínios), embora mais resistentes, também apresentam-se gibbsitizados. As biotitas (10%) no C são transformadas em minerais de camada mista hidroxialuminosos (mica-vermiculita Al), e diminuem progressivamente para 7% no B₂₂ (ESTAMPA III -

(*) Incipiente desenvolvimento de horizonte B.

Foto 3), passando para 2% no (B_{21}) e apenas para traços nos demais horizontes de superfície (ESTAMPA III - Foto 6).

Com relação à transformação estrutural, verifica-se que uma parte do fundo matricial de alteração (BOULET, 1978) do horizonte C, apresenta-se bastante ferruginizado, originando nódulos no horizonte (B_{22}). Estes, constituem litorrelíquias (ESTAMPA III - Foto 5) que tendem a delimitar-se por um fraco córtex e permanecem até o topo do perfil, formando concentrações de óxidos de ferro e alumínio (gibbsita). A maior parte do fundo matricial de alteração transforma-se, desde a base do horizonte (B_{22}), em um material que sofreu uma pedoplasmação importante (FLACH et alii, 1968), contendo um esqueleto quartzoso relativamente abundante. As palhetas de biotita, dispersas no plasma, desaparecem progressivamente e o plasma argilo-siltoso não apresenta orientação relativa dos constituintes, sendo, portanto, do tipo "argillasepic" (ESTAMPA III - Foto 4).

Pelas observações expostas, o solo apresenta uma profundidade relativamente pequena (horizonte C a partir de 155 cm), com presença de minerais secundários pseudomorfos de biotita (7%) e gibbsita pseudomorfo de feldspato (3%) no horizonte diagnóstico (B_{22}). Estas características induzem a idéia de rejuvenescimento do solo (características câmbicas). Por outro lado, a organização estrutural do material é tipicamente latossólica. Portanto, trata-se de um solo com características intermediárias, provavelmente com predomínio das do cambissolo.

1.1.2. Perfil NF2

Este perfil foi estudado na mesma vertente do perfil NF1, ocupando porém a posição de terço médio inferior, com declividade da ordem de 35% e altitude de 1.125 metros.

Trata-se de um perfil de solo pouco espesso, onde os horizontes A e B mudam cerca de 70 cm, seguidos por um horizon

te C com estrutura da rocha-matriz conservada (ESTAMPA III - Foto 2).

O horizonte A possui uma espessura da ordem de 5 cm, e coloração úmida bruno-acinzentada-escura. A textura é franco-arenosa, e a estrutura é fraca pequena em blocos subangulares e muito pequena granular.

O horizonte (B) apresenta-se subdividido em (B_1), (B_2) e (B_3), sendo a espessura do (B_2) de apenas 20 cm. A coloração úmida é bruno-amarelada, passando para bruno-forte no (B_3), e a textura é franco-arenosa a franco-argilo-arenosa no (B_2). Com relação à estruturação, este horizonte apresenta estrutura fracamente desenvolvida em blocos subangulares de tamanho médio, com tendência a maciça. A porosidade é média a alta, com poros muito pequenos.

Segue-se um horizonte C de alteração, a partir de 70 cm, constituído por saprolito de biotita gnaisse.

Ao contrário do perfil anterior (NF1), este apresenta-se muito pouco espesso e com um horizonte (B) incipientemente desenvolvido, bem como o A. Com relação à fração grosseira, foram observados cascalhos (1 - 5%) e calhaus (raros), parcialmente alterados e de constituição semelhante a da rocha-matriz. Estas ocorrem na massa do solo, principalmente, no horizonte A.

As observações de campo levam a concluir que trata-se de um perfil com elevada participação de material remanejado ao longo da vertente.

A análise microscópica permitiu evidenciar que as transformações que ocorrem neste perfil, são semelhantes as do perfil anterior, diferindo, apenas, pelo menor grau de intensidade. Portanto, tudo que foi dito anteriormente com relação às transformações dos minerais primários pode ser aplicado a este perfil. Entretanto, deve-se levar em consideração o processo erosivo que, além de impedir o espessamento do solo, provoca um transporte de

materiais na escala da vertente. Este processo de rejuvenescimento chega a dificultar, muitas vezes, o entendimento da evolução e filiação dos minerais alteráveis. Assim, os minerais que se apresentam em diversos estágios de alteração permanecem até os níveis mais altos do perfil, em quantidades bem mais elevadas do que as encontradas no perfil NF1 (ESTAMPA III - Foto 7 e 8).

Do ponto de vista estrutural, as observações levam a crer que existe pouco plasma resultante da alteração dos minerais primários (altera plasmação incipiente). Por outro lado o plasma existente, principalmente no horizonte (B_2), encontra-se bastante microagregado (ESTAMPA III - Foto 8), sendo, dessa maneira, incompatível com o processo atuante. Pode-se formular a hipótese de que este plasma seja proveniente da degradação de latossolos (microagregados), pré-existentes nas partes mais altas da paisagem, que, pelo processo de retrabalhamento, misturou-se com os minerais em via de alteração da base dos perfis. A pequena espessura do solo, nas condições de clima, que normalmente favorece a formação de perfis profundos e evoluídos, ratifica a hipótese do fenômeno de rejuvenescimento e subtração de material por erosão.

Pelos dados expostos, o perfil apresenta características morfológicas de cambissolo, portanto, material com evolução incompleta.

1.1.3. Perfil NF3

Representa a quase totalidade dos solos das áreas de relevo ondulado. Foi descrito e coletado em posição de terço médio superior de vertente convexa, com declividade da ordem de 10% e altitude aproximada de 950 metros.

Trata-se de um solo bastante espesso, com horizonte A e B medindo cerca de 5 metros, seguidos de um horizonte C de

alteração com estrutura da rocha-matriz conservada (ESTAMPA I - Foto 3).

O horizonte A (húmico) possui espessura de 95 cm, de coloração úmida bruno-escuro a bruno, e encontra-se subdividido em A_1 e A_3 . A textura é argilosa e a estrutura é moderada a forte, muito pequena e pequena granular e pequena a média blocos subangulares. A porosidade é elevada, com poros desde muito pequenos a médios.

O horizonte $B_w(*)$ apresenta-se subdividido em B_{w1} , B_{w2} (B_{w21} , B_{w22} e B_{w23}) e B_{w3} , sendo a espessura do B_{w2} da ordem de 240 cm. A coloração úmida é vermelho-amarelada a bruno-forte, e a textura é argilosa. A estrutura é moderada pequena a grande blocos subangulares, com aspecto de maciça pouco coesa "in situ". Porosidade elevada, com poros muito pequenos e pequenos.

O horizonte C de alteração é bastante espesso, e é constituído por saprolito de biotita gnaíse.

A observação morfológica de campo leva a concluir que se trata de um latossolo húmico típico.

No microscópio, pode-se observar que o material do solo apresenta-se bastante evoluído mineralogicamente. Apenas poucas (< 2%) relíquias de minerais primários alterados, com estrutura conservada, ainda persistem (ESTAMPA IV - Foto 1 e 2).

Com relação à organização estrutural, o material do solo apresenta-se bastante evoluído, evidenciando uma pedoplasmação importante (FLACH et alii, 1968). O plasma apresenta um aspecto contínuo, porém em algumas zonas apresenta uma tendência à formação de "micropeds" arredondados (microagregação), principalmente no B_{w1} e B_{w2} , organização esta, típica dos latossolos (ES-

(*) W - Subscrito exclusivo de horizonte B para designar formação do material mineral em estágio bem avançado de intemperização (EMBRAPA/SNLCS, 1984).

TAMPA IV - Foto 2).

As feições pedológicas observadas são os cutans (argilans de tensão), representados por raras e difusas separações plásmicas, mais ou menos ligadas aos grãos do esqueleto e vazios "skel-vosepic" (BREWER, 1964). Foram observados nódulos ferruginosos com e sem inclusão de gibbsita e fragmentos litorreliquiaais com estrutura do tipo "box work" (ESTAMPA IV - Foto 3).

Sob uma rocha-matriz idêntica, porém com um modelo mais suave e altitude menor, tem-se um solo mais profundo e uma alteração intensa dos minerais primários. O pedoplasma é mais abundante, caracterizado por uma microagregação moderada. Tem-se, assim, um latossolo típico, que parece estar em equilíbrio com as condições morfoclimáticas da região.

1.2. A Região do Alto do Itatiaia - RJ

A região do Itatiaia, localizada no alto da Serra da Mantiqueira (Figura 4), apresenta um substrato constituído por rochas pertencentes ao maciço alcalino do Itatiaia (RIBEIRO FILHO, 1967). A litologia dominante da área é constituída por nefelina-sienitos. O modelado deste maciço alcalino é predominantemente montanhoso a escarpado, com vales intramontanos constituídos por relevos do tipo forte ondulado. Os declives são fortes, com vertentes convexas a retilíneas e as altitudes estão em torno de 2.000 metros. O clima é do tipo tropical mesotérmico médio super-úmido, sem estação seca, e a vegetação natural é a floresta subtropical perúmida altimontana, ocorrendo, no entanto, áreas de campo altimontano.

1.2.1. Perfil AII

Acha-se localizado em vale intramontano, em posição de terço médio inferior de encosta de relevo forte ondulado,

com declividade da ordem de 30% e vertente de forma convexa a retilínea. A altitude local é da ordem de 2.120 metros.

Trata-se de um solo pouco espesso, com horizontes A e B medindo cerca de 120 cm, seguidos por um horizonte de alteração C de espessura considerável (ESTAMPA I - Foto 4).

O horizonte A é bastante húmífero e espesso (55 cm), subdividido em A₁₁, A₁₂ e A₁₃. A coloração úmida é bruno-escura a bruno, e a textura é argilosa. A estrutura é moderada a forte granular, desde muito pequena a média, ocorrendo blocos subangulares na transição para o horizonte (B). Porosidade muito elevada, com poros desde muito pequenos a grandes. Acima deste horizonte, existe uma liteira (O₁) constituída por restos de vegetais semi-decompostos, que formam uma camada de 8 cm de espessura.

Segue-se um horizonte (B) pouco espesso (65 cm), subdividido em (B₁), (B₂) e (B₃), de coloração predominante amarelo-brunada. A textura é muito argilosa, e a estrutura é grosseira, do tipo prismática, moderadamente desenvolvida, composta de blocos angulares e subangulares, de tamanho médio a grande. A porosidade é elevada, com poros muito pequenos.

O horizonte C de alteração, tipo arena apresenta várias camadas ou níveis de alteração. Em seu conjunto, a coloração é variegada, composta principalmente por cores cinzentas, amareladas e amarronzadas. A textura é franca e a estrutura é semelhante a da rocha (nefelina-sienito).

Trata-se, portanto, de um solo com características macromorfológicas típicas de um cambissolo.

O estudo microscópico permitiu evidenciar que existe uma transformação dos feldspatos em gibbsita, desde os primeiros estágios da alteração. Esta gibbsita aparece sob a forma de cristais de vários tamanhos, ocupando grande parte da matriz do solo. Neste nível, as biotitas pouco abundantes, aparecem parcialmente alteradas. Em direção ao C₁, elas são mais numerosas e cada vez

mais alteradas, transformando-se em minerais hidroxialuminosos e em alguns casos, em macro-caulinitas (ESTAMPA IV - Foto 6), ainda com sua estrutura original conservada. Em direção ao horizonte (B₂), as biotitas, já bastante ferruginizadas, acumulam - se, chegando a representar metade do volume ocupado pelo esqueleto, que por sua vez, representa 30% do volume total da matriz do solo. Existe portanto, uma transformação parcial dos minerais primários, principalmente das biotitas, que permanecem até os horizontes superficiais (ESTAMPA IV - Fotos 6 a 8).

Com relação à organização estrutural, a maior do fundo matricial de alteração (BOULET, 1978), transforma-se a partir do topo do horizonte (B₃) em um pedoplasma importante no (B₂), porém ainda com um esqueleto relativamente rico em biotita alterada. Neste nível o plasma é abundante (60%), isótropo e praticamente apédico, com leve tendência para formação de "peds" sob a forma de blocos subangulares (ESTAMPA V - Foto 1).

A análise morfológica conjunta, permite caracterizar o solo como cambissolo típico.

1.3. A Região do Alto Planalto da Bocaina - SP

O Planalto da Bocaina está localizado na divisa entre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Compreende um planalto cristalino maturamente dissecado (Figura 4), onde predominam os migmatitos do Complexo Costeiro (HASUI & FONSECA, 1981). O modelado é bastante variável, com uma área mais movimentada, montanhosa a forte ondulada e de cota mais baixa, e outra, com superfície mais alta e menos movimentada em relevo (mar de morros). As altitudes variam de 1.000 a 2.000 metros. O clima é do tipo tropical mesotérmico brando super-úmido, sem estação seca, e a vegetação é a floresta subtropical perúmida altimontana, com grandes áreas cobertas com vegetação de campo altimontano.

1.3.1. Perfil PB1

Este perfil representa os solos da parte mais alta do Planalto da Bocaina, sob vegetação de campo altimontano e ocupa o terço médio de encosta de relevo ondulado. Vertente de forma convexa, com declividade da ordem de 5 a 8%, e altitude de 2.085 metros.

Observando no campo, o solo apresenta uma pequena espessura, com horizontes A e B medindo cerca de 80 cm, seguido de um horizonte de alteração C bastante espesso (ESTAMPA I - Foto 5).

O horizonte A, com espessura de 17 cm, apresenta-se subdividido em A_1 e A_3 . Coloração úmida brunada a bruno-escura, textura franco-argilo-arenosa, e estrutura fraca pequena granular, com aspecto de maciça pouco coesa. Entre este horizonte e o subjacente (B), encontra-se uma linha de cascalhos de quartzo a restados e semi-arestados, constituindo uma descontinuidade de material.

O horizonte (IIB) é subdividido em (IIB_1) , (IIB_2) e (IIB_3) , e apresenta apenas 60 cm de espessura total. A coloração úmida no (IIB_2) é amarelo-avermelhada, textura franco-arenosa e a estrutura é em blocos subangulares fracamente desenvolvida, média a grande, com aspecto de maciço pouco coesa. A porosidade é elevada, com poros finos.

Segue-se um horizonte C (saprolito de migmatito rico em muscovita), espesso, de coloração avermelhada, bastante intemperizado e de textura franca (micácea).

A análise microscópica coloca em evidência a existência de um fundo matricial de alteração, onde os feldspatos estão totalmente transformados em gibbsita, bem como as biotitas em óxidos de ferro. Por outro lado, a muscovita, abundante na rocha-matriz permanece inalterada, diminuindo ligeiramente sua quan

tidade em direção ao horizonte de superfície (ESTAMPA V - Foto 3 a 5). Nota-se também a ausência de relíquias de feldspatos alterados, com estrutura conservada, o que indica um estágio de evolução mineralógica mais avançado do que aquele encontrado nos outros perfis de cambissolos.

A pequena quantidade de pedoplasma no solo, principalmente no (IIB₂), e a grande quantidade de palhetas de muscovita constituindo a maior parte do esqueleto, indicam uma transformação fraca de natureza mineralógica. Da mesma forma, a organização estrutural é fraca e o material apresenta-se eminentemente apédico (ESTAMPA V - Foto 4).

Todas estas informações morfológicas levam a concluir que se trata de um solo com desenvolvimento incompleto. Dessa maneira, caracterizando um cambissolo, que provavelmente constitui, no presente, a base de um perfil rejuvenescido pela erosão.

1.4. A Região do Planalto de Campos do Jordão - SP

O Planalto de Campos do Jordão encontra-se localizado na porção oriental do Planalto Atlântico (Figura 4), sendo constituída por uma zona tectonicamente elevada. O embasamento cristalino é formado por rochas gnáissicas e migmatíticas pertencentes ao Grupo Paraíba do Sul. Em seu todo, a região apresenta um relevo montanhoso a forte ondulado. Nas partes mais altas do planalto, ocorrem áreas com relevo mais suave, ondulado e forte ondulado, onde os desníveis locais variam de 50 a 100 metros, com declives de 10 a 30% e vertentes com perfis convexos a retilíneos. As altitudes variam de 1.500 a 2.000 metros. O clima é do tipo mesotérmico médio super-úmido, com subseca. A distribuição da vegetação de campo de altitude e floresta subtropical perúmida altimontana com araucária constitui um mosaico típico, com uma certa organização relacionada às formas de relevo, à rede de drenagem e aos solos.

1.4.1. Perfil CJ1

Este perfil representa, em grande parte, os solos que ocorrem nas áreas acima de 1.800 metros, de relevo ondulado e forte ondulado do topo do planalto. Encontra-se sob vegetação de floresta, em terço médio de encosta de relevo ondulado, com declividade da ordem de 10%, e vertente de forma convexa. A altitude local está em torno de 1.820 metros.

Trata-se de um solo pouco espesso, com horizontes A e (B) medindo cerca de 80 cm, seguidos de um horizonte C de alteração com estrutura conservada da rocha-matriz (ESTAMPA I - Foto 6).

O horizonte A, quando úmido, apresenta coloração bruno-acinzentada-muito escura a bruno-escura, com espessura de 30 cm e é subdividido em A_{11} , A_{12} e A_3 . A textura é franco-argilo-arenosa, e a estrutura é fraca média granular e fraca pequena a média blocos subangulares. A porosidade é alta, com poros finos e médios. Acima deste horizonte, encontra-se uma liteira constituída por restos de vegetais semi-decompostos, que formam uma camada (O_1) de aproximadamente 10 cm.

O horizonte (B) de coloração úmida bruno-forte, encontra-se subdividido em (B_1) , (B_2) e (B_3) , e com espessura total de 50 cm. A textura é da classe franca no (B_2) , e a estrutura é grosseira, do tipo prismática, composta de blocos subangulares de tamanho médio a grande, fracamente desenvolvidos. A porosidade é média a alta, com poros finos.

O horizonte C de alteração apresenta feição de areia, sendo constituído por partes mais friáveis de coloração amarelada, e partes menos friáveis, acinzentadas.

A observação microscópica permitiu constatar transformações verticais, progressivas e contínuas, porém com fraca intensidade.

Do ponto de vista mineralógico, os feldspatos sofrem uma completa alteração em produtos amorfos e gibbsita, enquanto que as biotitas parcialmente alteradas permanecem de maneira bastante expressiva em todos os horizontes do solo (ESTAMPA V-Foto 6 a 8).

Com relação à organização estrutural, observa-se que o fundo matricial de alteração transforma-se muito pouco, desde a base do perfil até o topo do horizonte (B_2). O material é muito pouco pedoturbado (JONGERIUS, 1970).

A pequena espessura do solo e a presença altamente significativa de pseudomorfos de biotita, desde a base até a parte superficial do perfil, levam a concluir que se trata de um cambissolo típico.

1.4.2. Perfil CJ2

Representa os solos que ocupam as áreas de relevo forte ondulado da borda do planalto, em colinas niveladas entre 1.500 a 1.800 metros. Encontra-se sob floresta natural, em posição de terço médio de vertente de forma convexa a retilínea, declivida de da ordem de 30% e altitude de 1.500 metros.

Trata-se de um solo bastante espesso, com horizontes A e B_w medindo cerca de 250 cm, seguidos de um horizonte C de alteração não menos espesso (ESTAMPA II - Foto 1).

O horizonte A apresenta-se subdividido em A_{11} , A_{12} e A_3 , de coloração úmida bruno-escuro, bruno-forte e vermelho-amarelado respectivamente. Bastante espesso (40 cm), textura franco-argilo-arenosa e argilo-arenosa, com estrutura granular pequena, fracamente desenvolvida e em blocos subangulares, muito pequena a média. A porosidade do material é muito elevada, com poros finos e grosseiros.

O horizonte B_W de coloração avermelhada foi subdividido em B_{W1} , B_{W2} (B_{W21} e B_{W22}) e IIB_{W3} (IIB_{W31} e IIB_{W32}). A espessura total deste horizonte é da ordem de 210 cm, sendo B_{W2} de 80 cm. A textura é argilosa e a estrutura é fracamente desenvolvida em blocos subangulares, pequena a média, com aspecto de maciça porosa pouco coesa. O material apresenta uma porosidade fina muito elevada. Foi observada uma linha de cascalhos de quartzo arestados e semi-arestados no topo do IIB_{W31} , o que provavelmente constitui uma descontinuidade de material.

O horizonte C só foi observado em corte de estrada mais profundo e constitui o saprolito de rocha migmatítica, do tipo arena.

A observação microscópica evidenciou fortes transformações verticais, de natureza mineralógica e estrutural. A partir do horizonte IIB_{W3} , em profundidade, constata-se, apenas, pequenas quantidades (< 1%) de minerais primários, tais como biotita alterada e fragmentos de feldspato gibbsitizado (ESTAMPA VI - Foto 3 a 6).

Do ponto de vista estrutural, o material encontra-se bastante evoluído, evidenciando um avançado estágio do pedoplasma. A microagregação é importante ao longo de todo o perfil, principalmente a partir do B_{W22} , em direção à superfície (ESTAMPA-Foto 4 e 5).

A observação conjunta permite concluir que se trata de um solo bastante evoluído, bastante espesso, com transições difusas e graduais entre os horizontes, caracterizando, portanto, um latossolo.

1.5. A Região do Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense, Serra Negra - SP

A Serra Negra, situada no Planalto do Alto Rio Tur

vo, localiza-se na divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná. Nesta região, o planalto encontra-se entalhado sob xistos do Complexo Turvo-Cajati, segundo SILVA & ALGARTE (1981). Seu topo está nivelado a 950 metros e apresenta um relevo ondulado a forte ondulado, com desníveis locais inferiores a 100 metros. As declividades são médias a baixas (até 20%) e as vertentes apresentam formas convexas a retilíneas. O clima predominante é o tropical (subtropical) mesotérmico brando super-úmido, com subseca, e a vegetação natural é a floresta subtropical perúmida.

1.5.1. Perfil SN1

Este perfil representa os solos do Topo da Serra Negra, sob vegetação secundária de floresta subtropical perúmida. Ocupa a posição de terço médio superior de vertente convexa, de relevo ondulado a forte ondulado, com declividade da ordem de 15%, e altitude de 950 metros.

Trata-se de um solo de espessura média, com horizontes A e B medindo cerca de 130 cm, e um horizonte C muito espesso, praticamente sem estruturas da rocha-matriz (xisto), até o nível observado (ESTAMPA II - Foto 2).

O horizonte A é pouco espesso (10 cm), de coloração úmida bruno-escura, textura franco-argilo-arenosa e estrutura fraca pequena granular e blocos subangulares. A porosidade é elevada e fina.

O horizonte (B) de coloração úmida bruno-amarelada a amarelo-brunada encontra-se subdividido em (B₁), (B₂₁), (B₂₂) e (B₃). A espessura total do horizonte (B) é de 120 cm, sendo a do (B₂₂) de 70 cm. A textura é franco-argilo-arenosa a argilosa e a estrutura é pequena a média blocos subangulares, fracamente desenvolvida, com tendência à formação de prismática no (B₂₂). A porosidade do material é elevada, com poros finos.

Segue-se um horizonte C bastante intemperizado, de coloração avermelhada, com mosqueado cinza-amarelado.

A observação microscópica indica um material bastante evoluído. Praticamente todos os minerais secundários, desde a base do perfil, são constituídos por argilominerais e óxidos de ferro formados a partir da rocha-matriz (xisto). O esqueleto é exclusivamente constituído por grãos de quartzo, herdados do xisto (ESTAMPA VI - Foto 7).

Com relação ao desenvolvimento estrutural, embora o plasma seja abundante (50% do volume total da matriz - s), o material apresenta-se pouco organizado, praticamente apédico, com fraca individualização de macro a "micropeds". Este plasma é caracterizado por separações plásmicas comuns a abundantes, que parecem estar ligadas a antigas estruturas micáceas, que já não são mais visíveis, pelo menos neste nível de observação (ESTAMPA VII - Foto 1).

Muito embora o material do solo apresente uma evolução mineralógica importante, com ausência de minerais intemperizáveis visíveis, a espessura média do (B) e, principalmente, a fraca organização do pedoplasma levam a concluir que se trata de um cambissolo.

1.6. A Região do Planalto do Alto Rio Turvo ou Primeiro Planalto Paranaense, Campina Grande do Sul - PR

A região de Campina Grande do Sul está situada no Primeiro Planalto Paranaense (BIGARELLA, 1954), próxima à Serra da Graciosa. Trata-se de uma área onde as rochas cristalinas do Complexo Costeiro apresentam um suave abaulamento em forma de domos, constituindo relevos ondulados. As altitudes são da ordem de 750 a 800 metros e os desníveis locais são inferiores a 50 metros. As vertentes apresentam formas convexas a retilíneas e os vales são abertos. O clima é do tipo tropical (subtropical) meso-

térmico brando superúmido com subseca, e a vegetação natural é representada pela floresta subtropical úmida com araucária.

1.6.1. Perfil CS1

Este perfil ocorre em área utilizada com pastagem, em posição de terço médio inferior de vertente convexa, em relevo ondulado e declividade de 25%. A altitude local é da ordem de 750 metros.

Trata-se de um solo espesso, com horizontes A e B medindo cerca de 180 cm, com horizonte C de alteração não menos espesso (ESTAMPA II - Foto 3).

O horizonte A, subdividido em A_{p11} , A_{p12} e A_3 , apresenta coloração úmida bruno-amarelada-escura. A textura é argilosa e a estrutura apresenta-se moderada a forte pequena a média granular e em blocos subangulares. A porosidade é elevada, com poros desde finos a grosseiros.

O horizonte (B_W) apresenta-se subdividido em (B_{W1}), (B_{W2}) e (B_{W3}), sendo a espessura do (B_{W2}) de 80 cm. A coloração úmida predominante é bruno-amarelada e a textura é argilosa. A estrutura é fracamente desenvolvida em blocos subangulares e angulares pequenos a médios. O material do solo apresenta uma porosidade elevada, com poros muito finos.

Segue-se um horizonte C de alteração a partir de 180 cm de profundidade, constituído de saprolito de granodiorito.

A análise microscópica ressalta que o material do solo encontra-se bastante evoluído, sendo pequenas as quantidades (< 2%) de minerais primários alteráveis, com suas estruturas ainda conservadas. Praticamente todos os feldspatos foram transformados em argilominerais (não tendo sido constatada presença de cristais de gibbsita). As biotitas foram transformadas em óxidos de

ferro e subordinadamente em vermiculita com Al interlamelar. O esqueleto é essencialmente constituído por grãos de quartzo (ESTAMPA VII - Foto 3 a 6).

Do ponto de vista estrutural, o material do solo apresenta um plasma abundante (60% no B_{W2}), muito pouco organizado em macro e "micropeds", em geral com aspecto contínuo ou apédico. Argilans de tensão em quantidade comuns foram observados em torno de alguns grãos do esqueleto (ESTAMPA VII - Foto 5).

A análise conjunta dos dados morfológicos permite identificar o solo como latossolo intermediário para cambissolo (latossolo câmbico).

1.6.2. Perfil CS2

Representa o solo de maior ocorrência na área. Encontra-se sob vegetação secundária de floresta subtropical úmida com araucária. Ocupa a posição de terço médio superior de encosta, em relevo ondulado, com vertente convexa e declividade da ordem de 10%. A altitude local está em torno de 780 metros.

Este solo apresenta sequência de horizontes A e (B), com espessura da ordem de 260 cm, seguido de um horizonte C de alteração bastante profundo (ESTAMPA II - Foto 4).

O horizonte A húmifero, de coloração úmida predominante bruno-escura, subdividido em A_{11} , A_{12} e A_{13} , apresenta uma espessura de 60 cm. A textura é argilosa, e a estrutura apresenta-se moderadamente desenvolvida em blocos subangulares, desde pequenos a médios, sendo encontrado o tipo granular apenas no A_{11} . A porosidade do material é bastante elevada, com poros finos e grosseiros.

O horizonte (B), subdividido em (B_1) , (B_2) e (B_3) , apresenta uma espessura do (B_2) da ordem de 50 cm. A colora

ção úmida deste horizonte é amarelo-avermelhada, e a textura é da classe muito argilosa. A estrutura é grosseira, prismática, moderadamente desenvolvida, composta de blocos angulares e subangulares médios a grande. A porosidade é fina e elevada.

Segue-se um horizonte C de alteração, constituído por saprolito de granodiorito, bastante alterado e ferruginizado, de coloração variegada e textura franco-siltosa (ESTAMPA VII - Foto 7).

O estudo microscópico permitiu evidenciar uma evolução praticamente completa do material do solo (ESTAMPA VII - Foto 8 e ESTAMPA VIII - Fotos 1 a 3). Os minerais primários alteráveis foram transformados em um plasma muito abundante e rico em caulinita. Pequena quantidade de minerais primários alterados e de difícil identificação parece estar ligada à presença de pseudomorfos de biotita (vermiculita com Al interlamelar).

Do ponto de vista de organização estrutural, trata-se de um material com um pedoplasma abundante, porém muito pouco organizado, praticamente apédico ou contínuo. Não se notam superfícies de fraqueza ou separações contínuas delimitando macro ou "micropeds". Os argilans de tensão são comuns e abundantes, principalmente, em torno dos grãos do esqueleto e vazios. A cerossidade observada no campo, em grau comum e fraca, deve estar relacionada com estes argilans (ESTAMPA VII - Foto 1 e 2).

A observação conjunta dos dados morfológicos, permite caracterizar o solo como cambissolo, tendo em vista, principalmente, a fraca organização estrutural e pequena espessura do (B₂).

1.7. A Região do Planalto do Guapiara, Apiaí - SP

A região de Apiaí está inserida no alto do Planalto do Guapiara (IPT, 1981b). O relevo é forte ondulado a ondu-

lado, constituído por morros com topos arredondados, vertentes retilíneas e convexas, e declividades médias a altas, acima de 15%. Os desníveis locais variam de 100 a 300 metros e as altitudes estão em torno de 900 a 1.000 metros. A litologia é representada por filitos do Grupo Açungui. O clima da área é do tipo tropical (subtropical) mesotérmico brando superúmido com subseca e a vegetação natural é a floresta subtropical perúmida com araucária.

1.7.1. Perfil AP1

Este perfil representa os solos das área de relevo forte ondulado a ondulado e ocupa a posição de terço médio de vertente convexa, com declividades da ordem de 20%. A altitude local está em torno de 900 metros e a vegetação é a floresta subtropical perúmida secundária.

Do ponto de vista macromorfológico, o solo apresenta-se espesso, com horizontes A e B medindo cerca de 240 cm, seguidos de um horizonte C praticamente sem estruturas herdadas da rocha-matriz (ESTAMPA II - Foto 5).

O horizonte A húmífero, bastante espesso (50 cm), foi subdividido em A_{11} , A_{12} e A_{13} . A coloração do solo úmida é bruno-muito-escura, de textura argilosa e estrutura moderada pequena a média em blocos subangulares, ocorrendo o tipo granular muito pequena e pequena no horizonte A_{11} . A porosidade do material é elevada, com poros.

O horizonte (B) apresenta-se subdividido em (B_1) , (B_{21}) , (B_{22}) e (B_3) , sendo a espessura de todo o (B_2) da ordem de 110 cm. Apresenta coloração úmida variando de bruno-amarelada a bruno-forte, textura argilosa, e estrutura grosseira, com prismas compostos de blocos angulares e subangulares, moderada a fortemente desenvolvidas. A porosidade é fina e elevada.

Segue-se um horizonte C bastante intemperizado e

espesso, de coloração predominante vermelho-amarelada e mosqueado proeminente branco-rosado. A textura é muito argilosa, e a estrutura é moderada a forte em blocos angulares e subangulares.

Pela descrição microscópica, pode-se constatar que o material do solo encontra-se bastante intemperizado, não sendo mais observada a presença de minerais primários alteráveis a partir da base do horizonte B (ESTAMPA VIII - Foto 5 a 7).

Com relação a organização estrutural, o material do solo apresenta-se muito pouco organizado, eminentemente apédico no horizonte (B). O plasma é caracterizado por argilans de tensão comuns e abundantes, em redor dos grãos do esqueleto e dos vazios, do tipo "skel-vosepic", segundo BREWER (1964), (ESTAMPA VIII - Foto 6).

A observação morfológica conjunta permite caracterizar o solo como cambissolo, principalmente pela má organização estrutural do material. A forte evolução do material, com ausência de minerais alteráveis, não deve ser levada em consideração, pois trata-se de uma rocha-matriz (filito), que facilita este tipo de evolução.

2. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS MORFOLÓGICOS

As principais características morfológicas dos solos estudados estão resumidas na tabela 5.

A análise desta tabela permite colocar em evidência que:

- a evolução mineralógica dos solos da porção meridional apresenta-se importante, com o desaparecimento completo dos minerais primários alteráveis, restando apenas traços de pseudomorfos. Este tipo de evolução foi observada tanto nos xistos e filitos, como nos granodioritos estudados.

Por outro lado, nas áreas central e setentrional, embora a evolução mineralógica seja de tipo semelhante a da porção meridional, o grau é bem menor. Neste caso, os solos apresentam grande quantidade de minerais (feldspatos e micas) parcialmente alterados e pseudomorfizados;

- a formação do pedoplasma na região central e setentrional a partir dos minerais alterados (alteroplasma), segundo BOULET (1978), é mais importante nos latossolos que nos cambissolos. Na parte meridional, praticamente, não existe distinção entre as duas classes de solos, no que diz respeito à quantidade de plasma, já que todos apresentam um pedoplasma bastante abundante. Neste caso, a diferença entre eles, limita-se apenas aos aspectos ligados à evolução secundária do pedoplasma e, mais precisamente, no processo de microagregação.

- macroscopicamente, os solos em estudo apresentam uma evolução estrutural (organização secundária do plasma), desde a formação de "peds" grosseiros, blocos e prismas compostos de blocos, caracterizando um B estrutural, segundo FLACH et alii (1968), até um estágio onde dominam os microagregados (B latossólico), passando, evidentemente, por todas as fases intermediárias.

Este tipo de evolução pode ser melhor observado na escala microscópica. Os cambissolos apresentam-se normalmente apédicos ou com ligeira tendência à formação de "micropeds". Por outro lado, os latossolos apresentam uma evolução do pedoplasma importante, no sentido da microagregação.

Dessa forma, a análise das características levam-nos a distinguir três tipos de solos, que, a priori, representam estágios de uma mesma evolução pedogenética:

a. Solos com dominância de características câmbicas, apresentando desenvolvimento incompleto, tanto mineralógico como estrutural (NF2, AI1, PB1, CJ1, SN1, CS2 e AP1): são os típicos *cambissolos*;

b. Solos com dominância de características latossólicas, apresentando desenvolvimento completo ou quase completo, tanto mineralógico, como de organização estrutural, com microagregação moderada a forte (NF3 e CJ2): são os típicos *latossolos*;

c. Solos com dominância de características intermediárias entre câmbicas e latossólicas. Neste caso, dois tipos devem ser destacados: solos onde a evolução mineralógica é praticamente completa, restando apenas pequenas quantidades de minerais primários em diversos estágios de alteração (5 a 8%) e, evolução do pedoplasma importante, com moderada microagregação (NF1): são os *cambissolos latossólicos*; e solos onde a evolução dos minerais primários é completa, sendo porém o plasma fracamente organizado, com estrutura grosseira (não microagregado) e, ao microscópio óptico, apresenta-se praticamente apédico (CS1): são os *latossolos câmbicos*.

Quadro 2 - Síntese dos dados morfológicos

SETENTRIONAL + TROPICAL				PARTE CENTRAL								PARTE MERIDIONAL + SUBTROPICAL			
REGIÃO	Serra dos Órgãos, Nova Friburgo - RJ			Alto do Itatiaia - RJ		Alto do Planalto da Bocaina		Planalto de Campos do Jordão - SP		Serra Negra - SP		Campina Grande do Sul - PR (próxima da Serra da Graciosa)		Planalto do Guapiara, Apiaí - SP.	
CLIMA	Tropical mesotérmico brando, com 1 a 2 meses secos			Tropical mesotérmico médio super-úmido, sem estação seca		Tropical mesotérmico brando super-úmido, sem estação seca		Tropical mesotérmico médio super-úmido, com subseca		Tropical (subtropical) mesotérmico brando super-úmido, com subseca		Tropical (subtropical) mesotérmico brando super-úmido, com subseca		Tropical (subtropical) mesotérmico super-úmido, com subseca.	
VEGETAÇÃO	Floresta tropical perenifólia úmida intermediária para floresta altimontana			Floresta subtropical perúmida altimontana		Campos de altitude		Floresta subtropical perúmida altimontana com pinheiros		Floresta subtropical perúmida		Floresta subtropical perúmida com pinheiros		Floresta subtropical perúmida com pinheiros	
LITOLOGIA ou SUBSTRATO	Migmatitos do Complexo Costeiro (Biotita gnaisse)			Alcalinas (nefelina-sienito)		Migmatitos (com paleossoma rico em muscovita), do Complexo Costeiro		Gnaisses e migmatitos do Complexo Paraíba do Sul		Xistos do Complexo Turvo-Cajati		Migmatitos do Complexo Costeiro (granodioritos)		Filito do Grupo Açungui	
MODELADO	Montanhoso a forte ondulado, com declives fortes (> 25%) e vertentes de forma côncavo-convexa			Ondulado, com declives médios, da ordem de 10% e vertente de forma convexa		Forte ondulado, integrando vale intramontano. Declives fortes (> 25%) e vertentes de forma convexa a retilínea		Ondulado do topo do planalto, com declives fracos a médios (5 a 10%) e vertentes de forma convexa		Ondulado a forte ondulado do topo de planalto, declives médios a fortes (10 a 30%) e vertentes de forma convexa e retilínea		Forte ondulado da borda do planalto, com declives fortes (> 25%) e vertentes de forma convexa a retilínea		Ondulado a forte ondulado do topo da serra, com declives médios a fortes (> 10%) e vertentes de forma convexa	
PERFIL	NF1		NF2	NF3		AI1		PB1		CJ1		CJ2		SN1	
POSIÇÃO TOPOGRÁFICA	Terço médio a superior de vertente, com declividade de 40%		Terço médio a inferior de vertente, com declividade de 35%	Terço superior de vertente, com declividade de 10%		Terço médio inferior de vertente, com declividade de 30%		Terço médio de vertente, com declividade da ordem de 7%		Terço médio de vertente convexa, com declividade de 10%		Terço médio de vertente, com declividade de 30%		Terço médio superior de vertente declive de 15%	
ALTITUDE E COORDENADAS	1.190 m. 22° 19' L S 42° 28' L W		1.125 m. 22° 19' L S 42° 30' L W	950 m. 22° 15' L S 42° 30' L W		2.120 m. 22° 22' L S 44° 42' L W		2.085 m. 22° 43' L S 44° 37' L W		1.800 m. 22° 43' L S 45° 33' L W		1.520 m. 22° 52' L S 45° 47' L W		950 m. 24° 58' L S 48° 27' L W	
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS	A - humífero, pouco espesso (22 cm)		A - pouco humífero e muito pouco espesso (5 cm)	A - húmico, muito espesso (95 cm)		A - húmico, espessura (55 cm)		A - humífero e pouco espesso (17 cm)		A - humífero, espesso (30 cm)		A - humífero, espesso (40 cm)		A - pouco humífero e pouco espesso (10 cm)	
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICA	(B)- espesso (B ₂ =87 cm), estrutura em blocos e granular, com aspecto típico de B latossólico		(B)- pouco espesso (B ₂ = 20 cm), estrutura em blocos, com tendência a maciça. Aspecto típico de B câmbico.	B _w - muito espesso (B ₂ =240 cm), estrutura moderada em blocos, com aspecto de maciça porosa pouco coesa "in situ". Típico B latossólico		(B)- pouco espesso (B ₂ = 40 cm), estrutura prismática composta de blocos. Típico (B) câmbico		(B)- pouco espesso (B ₂ = 35 cm), estrutura em blocos, com aspecto maciço coeso. Típico (B) câmbico		(B)- pouco espesso (B ₂ =30 cm), estrutura prismática, composta de blocos. Típico (B) câmbico		B _w - espessura média (B ₂ =60 cm), estrutura fraca em blocos, com aspecto de maciça porosa pouco coesa "in situ". Típico B latossólico		B - espessura média (B ₂ =70 cm), estrutura em blocos, com tendência a prismática. Típico (B) câmbico	
Transformações mineralógicas	C - a partir de 155 cm		C - a partir de 70 cm	C - a partir de 500 cm		C - a partir de 120 cm		C - a partir de 80 cm		C - a partir de 80 cm		C - a partir de 400 cm		C - a partir de 130 cm	
Transformações estruturais	Alteração intensa de quase todos os minerais primários. Preservação de pseudomorfos de biotita (5%) e feldspato (3%)		Alteração incompleta dos minerais primários. Conservação de pseudomorfos de biotita (20%) e feldspato (4%)	Alteração intensa e total dos minerais primários. Apenas traços ou 1% de pseudomorfos de biotita e feldspato		Alteração incompleta dos minerais primários. Conservação de pseudomorfos de biotita (15%), feldspato (3%) e epidoto (2%)		Alteração importante dos minerais primários (biotita e feldspato), porém com preservação importante de muscovita (40%)		Alteração quase completa dos feldspatos e fraca das biotitas. Conservação de pseudomorfos de biotita (60%) e apenas 1% de feldspato.		Alteração intensa e quase total dos minerais primários. Apenas 1% de pseudomorfos de biotita e traços de feldspato.		Alteração intensa, porém de difícil observação devido a composição mineralógica e textura muito fina da rocha-matriz.	
Transformações estruturais	Pedoplasma moderado, com estrutura plásmica "argillasepic" e distribuição relativa "porphyric" a "enaulic" Microagregação moderada		Pedoplasma fraco, com plasma "argillasepic" a "sillasepic" e distribuição relativa "porphyric" a "enaulic" Microagregação moderada	Pedoplasma abundante, com plasma "argillasepic" com raros argilans de tensão "skel-vosepic". Distribuição relativa "porphyric" a "enaulic". Microagregação moderada.		Pedoplasma abundante, com estrutura plásmica "argillasepic" e distribuição relativa "porphyric". Material apédico, com leve tendência a formação de "microcrops".		Pedoplasma fraco, com estrutura plásmica "argillasepic" e distribuição relativa "porphyric". Material eminentemente apédico.		Praticamente sem pedoplasma (5%), com estrutura plásmica "sillasepic" e distribuição relativa "gefuric". Material eminentemente apédico.		Pedoplasma abundante com estrutura plásmica "argillasepic" e distribuição relativa "porphyric" a "enaulic". Microagregação moderada a forte.		Pedoplasma abundante, com estrutura plásmica "skel-vosepic" (argilans de tensão comuns a abundantes). Distribuição relativa "porphyric". Material eminentemente apédico.	

ESTAMPA I

ESTAMPA I

Foto 1 - Perfil NF1. CAMBISSOLO ÁLICO latossólico A proeminente textura média *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo forte ondulado substrato biotita gnaissse.*

Foto 2 - Perfil NF2. CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado textura média *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo forte ondulado substrato biotita gnaissse.*

Foto 3 - Perfil NF3. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO HÚMICO ÁLICO textura argilosa *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo ondulado.*

Foto 4 - Perfil AI1. CAMBISSOLO HÚMICO Tb ÁLICO textura argilosa *fase floresta subtropical perúmida altimontana relevo forte ondulado substrato nefelina-sienito.*

Foto 5 - Perfil PB1. CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado textura média *fase campo de altitude relevo ondulado substrato migmatito.*

Foto 6 - Perfil CJ1. CAMBISSOLO HÚMICO Tb ÁLICO textura média *fase floresta subtropical perúmida de altitude relevo ondulado substrato gnaissse.*

ESTAMPA II

ESTAMPA II

- Foto 1 - Perfil CJ2. LATOSSOLO VERMELHO-MARELO DISTRÓFICO A moderado *textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo forte ondulado.*
- Foto 2 - Perfil SN1. CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado *textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo ondulado substrato muscovita xisto.*
- Foto 3 - Perfil CS1. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO câmbi co A moderado *textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo ondulado.*
- Foto 4 - Perfil CS2. CAMBISSOLO Tb ÁLICO A proeminente *textura muito argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo ondulado substrato granodiorito.*
- Foto 5 - Aspecto da estrutura grosseira, comum aos *cambissolos* da região.
- Foto 6 - Perfil AP1. CAMBISSOLO HÚMICO Tb ÁLICO *textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo forte ondulado substrato filito.*

ESTAMPA III

1

2

3

4

5

6

7

8

ESTAMPA III

- Foto 1 - Perfil NF1. Rocha, L.P.
Aspecto geral de biotita gnaiss. Observa-se nitidamente os cristais de microclínio, quartzo e biotita com uma certa orientação.
- Foto 2 - Perfil NF1. Horizonte C, L.N.
Matriz - S, com estruturas conservadas da rocha-matriz, ferruginizada contendo grãos de quartzo, biotita e feldspato alterado em material amorfo. Distribuição cutânica do material amorfo entre os volumes.
- Foto 3 - Perfil NF1. Horizonte (B_{22}), L.P.
Nível bastante alterado, destacando-se um cristal de feldspato totalmente gibbsitizado e inúmeras palhetas de biotita alterada na matriz - S.
- Foto 4 - Perfil NF1. Horizonte (B_{22}), L.N.
Esqueleto quartzoso, porém com finas palhetas de biotita alterada e feldspato gibbsitizado. Todos os vazios são orto (não alisados) e intercomunicantes. Estrutura plásmica "argillasepic".
- Foto 5 - Perfil NF1. Horizonte (B_{22}), L.P.
Nódulo litorrelíquial enriquecido em óxidos de ferro e cristais de gibbsita secundária. Dentro do mesmo, observam-se pequenas palhetas de biotita alterada e grãos de quartzo corroídos.
- Foto 6 - Perfil NF1. Horizonte A_1 , L.P.
Presença neste nível do perfil de feldspato gibbsitizado, de tamanho aproximado de 200 μ m. A estrutura plásmica é "argillasepic", e o material apresenta-se subdividido em agregados muito pequenos, separados por um sistema poral importante.
- Foto 7 - Perfil NF2. Horizonte C, L.P.
Matriz - S com grande quantidade de biotita alterada e feldspato transformado em produtos amorfos (gel), e grãos de quartzo arestados. Plasma pouco abundante de tipo "silasepic".
- Foto 8 - Perfil NF2. Horizonte (B_2), L.N.
Esqueleto quartzoso, com elevada proporção de biotita e feldspatos alterados. A estrutura plásmica é "argillasepic" a "silasepic" e a distribuição relativa é "porphyric" a "enaulic".

ESTAMPA IV

1

2

3

4

5

6

7

8

ESTAMPA IV

- Foto 1 - Perfil NF3. Horizonte B_{w3} , L.N.
Plasma "argillasepic", apresentando raras relíquias de biotita alterada. O esqueleto é predominantemente quartzoso.
- Foto 2 - Perfil NF3. Horizonte B_{w2} , L.N.
O material do solo apresenta uma organização em "micro-peds" arredondados (microagregação), típica de B latossólico.
- Foto 3 - Perfil NF3. Horizonte B_{w1} , L.P.
Matriz-S, com algumas separações plásmicas do tipo "skel-vosepic" e fragmentos litorreliquiaes com estrutura tipo "box work".
- Foto 4 - Perfil NF3. Horizonte A_1 , L.N.
Material bastante poroso, com canais verticais e alguns preenchidos parcialmente com microagregados, proveniente da atividade biológica.
- Foto 5 - Perfil AI1. Rocha, L.P.
Aspecto geral de nefelina-sienito. Praticamente toda a parte superior é ocupada por cristais de nefelina. Em baixo, parte escura, um plagioclásio. Ocorre ainda, piroxênio com inclusões de biotita (parte mais clara); além de titanita e carbonato.
- Foto 6 - Perfil AI1. Horizonte C, L.P.
Transformação isomorfa da biotita, dando lugar a uma caulinita de tamanho grande (macro-caulinita). Observa-se um preenchimento dos espaços entre as placas com gibbsita secundária.
- Foto 7 - Perfil AI1. Horizonte (B_3), L.P.
Material do solo rico em minerais primários já alterados, porém conservando a forma original (pseudomorfos). Fragmento de mineral aluminossilicatado totalmente alterado em gibbsita.
- Foto 8 - Perfil AI1. Horizonte (B_2), L.N.
Plasma abundante, isótrofo e praticamente contínuo ou a pédico, com leve tendência para formação de "peds" em blocos subangulares. Grande palheta de biotita alterada em interestratificado biotita-vermiculita A_1 .

ESTAMPA V

1

2

3

4

5

6

7

8

ESTAMPA V

- Foto 1 - Perfil A11. Horizonte (B_2), L.P.
Detalhe de plasma "argillasepic", com grande quantidade de finas palhetas de biotita alterada. Neste nível já a parecem alguns grãos de quartzo.
- Foto 2 - Perfil A11. Horizonte A_{11} , L.N.
Aspecto geral da microagregação provocada pela atividade biológica "enaulic", e grande quantidade de vazios interagregados médios a grosseiros.
- Foto 3 - Perfil PB1. Horizonte C, L.P.
Material com estruturas deformadas da rocha-matriz. Esqueleto rico em muscovita e quartzo. O plasma é isótropo e muito pouco expressivo, constituído de óxidos de ferro e material amorfo.
- Foto 4 - Perfil PB1. Horizonte (B_2), L.P.
Plasma com estrutura "argillasepic". Apresenta grande quantidade de mica fina em diferentes estágios de alteração, que produz muita birrefringência.
- Foto 5 - Perfil PB1. Horizonte A_1 , L.N.
Plasma "argillasepic", bastante microagregado devido à atividade biológica. O esqueleto é muito rico em quartzo, com apenas pequenas quantidades de muscovita.
- Foto 6 - Perfil CJ1. Horizonte C, L.N.
Fundo matricial de alteração muito rico em biotita alterada, alguns grãos de quartzo e fragmentos de feldspato totalmente gibbsitizado. Plasma "silasepic" praticamente inexistente.
- Foto 7 - Perfil CJ1. Horizonte (B_2), L.P.
Plasma "silasepic" pouco abundante. Esqueleto praticamente constituído por biotita alterada. Em baixo, um grão arredondado de feldspato totalmente gibbsitizado.
- Foto 8 - Perfil CJ1. Horizonte (A_3), L.N.
A fábrica plásmica é do tipo "enaulic". Observam-se algumas palhetas de biotita alterada dispersa na matriz-S. Sistema poral importante e intercomunicante.

ESTAMPA VI

1

2

3

4

5

6

7

8

ESTAMPA VI

- Foto 1 - Perfil CJ2. Horizonte C, L.P.
Fundo matricial de alteração com grande quantidade de quartzo, biotita e feldspato, alguns minerais apresentam-se parcialmente alterados.
- Foto 2 - Perfil CJ2. Horizonte C, L.P.
Constitui uma outra parte do fundo matricial de alteração, onde a biotita é menos representada, os grãos de quartzo apresentam-se fraturados e preenchidos por produtos amorfos. O microclínio também está bem representado.
- Foto 3 - Perfil CJ2. Horizonte IIB_{w32}, L.P.
Plasma "argillasepic". A distribuição relativa é do tipo "porphyric" a "enaulic". Observa-se a esquerda um nódulo ferruginoso com estrutura conservada do tipo "box work".
- Foto 4 - Perfil CJ2. Horizonte B_{w22}, L.N.
Material do solo apresenta uma microagregação moderada a forte. A estrutura plásmica é "argillasepic", e o sistema poral é importante e interagregados.
- Foto 5 - Perfil CJ2. Horizonte B_{w22}, L.P.
Detalhe da microagregação e porosidade elevada, típicas do B latossólico.
- Foto 6 - Perfil CJ2. Horizonte A₁₃, L.N.
Estrutura plásmica "argillasepic", distribuição relativa do tipo "enaulic". Material bastante microagregado, com tendência à formação de "micropeds".
- Foto 7 - Perfil SN1. Horizonte C, L.N.
Nível bastante alterado, com esqueleto quartzoso fino e plasma "silasepic". Os vazios são fissurais e pouco abundantes. O material do solo é eminentemente apédico ou contínuo.
- Foto 8 - Perfil SN1. Horizonte (B₂₂), L.N.
Material do solo eminentemente apédico ou contínuo, com um esqueleto tipicamente quartzoso.

ESTAMPA VII

1

2

3

4

5

6

7

8

ESTAMPA VII

- Foto 1 - Perfil SN1. Horizonte (B_{22}), L.P.
Material do solo, com grande quantidade de separações plásmicas, principalmente, em torno dos grãos de esqueleto e vazios, do tipo "skel-vosepic".
- Foto 2 - Perfil SN1. Horizonte A_1 , L.N.
Plasma do tipo "argilla^sepic", O material do solo apresenta-se bastante subdividido em "peds" delimitados por pequenas fissuras.
- Foto 3 - Perfil CS1. Rocha, L.P.
Granodiorito. Observam-se alguns grãos de quartzo, biotita parcialmente cloritizada e grande quantidade de plagioclásios frescos, porém bastante fraturados e preenchidos com produtos amorfos.
- Foto 4 - Perfil CS1. Horizonte C, L.P.
Fundo matricial de alteração bastante ferruginizado, com quartzo e feldspato totalmente caulinizado e gibbsitizado. Cutans, "ferri-argilans", são encontrados em algumas paredes dos vazios.
- Foto 5 - Perfil CS1. Horizonte B_{w2} , L.N.
O material do solo apresenta um plasma abundante, praticamente apédico ou com uma leve tendência à formação de "micropeds".
- Foto 6 - Perfil CS1. Horizonte A_{p11} , L.N.
O material apresenta um plasma com estrutura "argilla^sepic", e poros fissurais aplainadas "craze planes", com algumas microfissuras interagregados. Na parte central observa-se um corte transversal de uma raiz.
- Foto 7 - Perfil CS2. Horizonte C, L.P.
Material bastante alterado, constituído por uma rede muito complexa. Os feldspatos, mais abundantes, transformam-se em caulinita e gibbsita. Todo o sistema parece ser preenchido por produtos amorfos.
- Foto 8 - Perfil CS2. Horizonte (B_2), L.N.
O material do solo é contínuo ou apédico, e o plasma diferencia-se pela coloração em duas partes.

ESTAMPA VIII

1

2

3

4

5

6

7

ESTAMPA VIII

- Foto 1 - Perfil CS2. Horizonte (B_2), L.P.
Separações plásmicas em quantidades comuns a abundantes, formando uma estrutura que varia de "masepic" a "omnise-pic".
- Foto 2 - Perfil CS2. Horizonte (B_{22}), L.P.
O plasma mais claro, apresenta maior quantidade de separações plásmicas.
- Foto 3 - Perfil CS2. Horizonte A_{13} , L.N.
O material é quase contínuo, porém apresenta uma tendência para formar microagregados. A atividade biológica contribui muito para este processo.
- Foto 4 - Perfil AP1. Horizonte C, L.P.
Estruturas herdadas da rocha-matriz (filito), onde o material apresenta-se bastante cloritizado.
- Foto 5 - Perfil AP1. Horizonte (B_{22}), L.N.
Material eminentemente apédico ou contínuo, com um esqueleto exclusivamente quartzoso. Os vazios são fissurais e muito pouco representados.
- Foto 6 - Perfil AP1. Horizonte (B_{22}), L.P.
As separações plásmicas são abundantes, principalmente em torno dos grãos do esqueleto e dos vazios, definindo um plasma do tipo "skel-vomasepic".
- Foto 7 - Perfil AP1. Horizonte A_{11} , L.N.
Plasma "argillasepic" e com distribuição relativa do tipo "enaulic". O material apresenta-se bastante microagregado, com um sistema poral intercomunicante importante.

TERCEIRA PARTE

CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. ANÁLISES FÍSICAS

1.1. A Granulometria

a. *Fração grosseira (> 2 mm)*

A fração grosseira (cascalho e calhau) encontra-se representada quase que exclusivamente nos solos das partes setentrional e central. Os cambissolos NF1, NF2, A11 e PB1, e latossolo NF3 são os que apresentam os valores mais elevados para esta fração (Quadro 3). Os cascalhos estão muito bem representados, enquanto que os calhaus estão normalmente ausentes ou em quantidades muito pequenas, muito embora valores um pouco mais elevados são encontrados nos horizontes B₃ e/ou C. Entretanto, no perfil PB1, existe uma concentração desses elementos, constituindo uma camada de aproximadamente 3 cm. Observou-se, também, no perfil NF3, uma pequena concentração desses elementos grosseiros do horizonte B_{W1}. Nos outros solos da região estudada, esta fração grosseira inexistente ou está presente em pequenas quantidades.

b. *Fração fina (< 2 mm)*

As determinações quantitativas das diversas frações granulométricas que compõem a terra fina (< 2 mm), após eliminação da matéria orgânica e umidade, encontram-se no Quadro 3, e estão graficamente representadas nas figuras 6 a 8. O uso destes gráficos cumulativos torna mais fácil a visualização da distribuição das diversas frações, não só em um determinado horizonte, como também ao longo do todo o perfil de solo.

Os dados apresentados mostram que, do topo para a base do perfil, as percentagens de argila são uniformes, isto é, a relação textural B/A é pequena ($< 1,5$), constituindo, portanto, uma característica comum a todos os solos estudados da região.

Com relação aos teores de argila total, os solos da parte setentrional ou nordeste apresentam valores baixos, normalmente inferiores a 22% no perfil NF1 (cambissolo latossólico) e NF2 (cambissolo). Por outro lado, os latossolos representados pelo perfil NF3 são mais argilosos, estando os valores de argila em torno de 50%.

Dos solos da parte central, apenas os perfis A11 (cambissolo) e CJ2 (latossolo) são mais argilosos, com valores médios no B_2 da ordem de 60% e 40% respectivamente. Os outros dois perfis de cambissolo (PB1 e CJ1) são pouco argilosos, com percentuais de argila inferiores a 30%.

Na parte meridional ou sul da região, todos os solos, indiscriminadamente, são argilosos, tanto os cambissolos como os latossolos. Os valores de argila total estão em torno de 50%, chegando até 60%.

Os cambissolos, de maneira geral, apresentam percentuais de argila fina ($< 0,2 \mu\text{m}$) inferiores aos da argila grossa ($2 - 0,2 \mu\text{m}$). Apenas nos perfis AP1 e SN1, estes valores estão invertidos, provavelmente pela influência do material de origem (xistos e filitos). Assim, tem-se uma relação argila fina/argila grossa da ordem de 0,24 a 0,62 no (B_2) dos cambissolos. Nos latossolos e intermediários, os valores para a relação são bem mais altos, variando desde 1,19 a 2,54, sendo os mais elevados para os latossolos típicos.

Com relação à fração silte, verifica-se que os valores mais elevados são encontrados nos cambissolos e solos intermediários, onde os percentuais estão em torno de 19 a 23% no horizonte (B_2). Casos extremos foram observados nos cambissolos CJ1 (49%) e AP1 (9%).

Figura 6 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis NF1, NF2 e NF3.

Figura 7 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis AI1, PB1, CJ1 e CJ2.

Figura 8 - Gráficos cumulativos das frações granulométricas dos perfis SN1, CS1, CS2 e AP1.

A relação silte total/argila total apresenta valores mais altos para os cambissolos, principalmente para os menos desenvolvidos (NF2 e CJ1), cujos valores no (B_2) estão entre 1,00 e 2,45 respectivamente. Nos outros cambissolos, os valores desta relação são inferiores a 0,60, sendo os mais baixos nos perfis da parte meridional. Esta relação para os latossolos é muito baixa, situando-se entre 0,12 e 0,22. Para os solos intermediários, tem-se 0,61 a 0,64 para o (B_2) do NF1 (cambissolo latossólico) e 0,45 para o CS1 (latossolo câmbico).

Quanto à fração areia (grossa + fina), os percentuais presentes nos solos estão mais relacionados ao material de origem do que ao tipo de solo. Apenas uma observação pode ser feita com relação à distribuição, pois os solos das partes setentrional e central são mais arenosos que os da parte meridional.

A relação areia fina/areia grossa (Quadro 3) é, para a maior parte dos perfis estudados, pouco variável, o que indica uma certa homogeneidade do material originário. Entretanto, em determinados solos pode-se observar variações significativas, principalmente no perfil NF2 e nos perfis de latossolos (NF3 e CJ2), o que vem corroborar, de uma certa forma, a hipótese já levantada sobre o retrabalhamento que os materiais de origem desses solos sofreram.

1.2. Argila Dispersa em Água e Grau de Floculação

A argila natural ou argila dispersa em água é muito baixa, tendendo para zero na maior parte dos horizontes B_2 dos solos estudados, tanto latossolos, como cambissolos. Consequentemente, observa-se para estes solos, um alto grau de floculação das argilas (100%) no B_2 . Nos perfis NF1, NF2 e CJ1, o grau de floculação é menor, variando de 36 a 60% no (B_2). É provável que este baixo grau de floculação das argilas nestes cambissolos esteja relacionado com a fraca evolução dos mesmos, os baixos teores de caulinita na fração argila e também pela baixa cristalinidade

dos compostos de ferro presentes (amorfos).

De uma maneira geral, o baixo grau de floculação constatado na parte superficial dos solos (A), provavelmente está relacionado à ação da matéria orgânica.

1.3. Densidade Aparente e Real

Pelos dados apresentados no Quadro 3, a densidade aparente (D_a) mostra-se com valores normais em todos os solos. Nos cambissolos, inclusive no NF1, os valores são ligeiramente mais altos e estão entre 1,20 e 1,52 no horizonte (B_2). Valores consideravelmente muito baixos (0,60) foram constatados na parte superficial de alguns solos muito ricos em matéria orgânica (AI1). Nos latossolos típicos e no CS1 (latossolo câmbico), os valores são sempre mais baixos e estão entre 1,20 e 1,25 no B_{w2} , provavelmente relacionados com uma maior porosidade do material.

A densidade real (D_r), praticamente apresenta o mesmo comportamento da aparente, não se constatando nenhuma variação importante.

1.4. Porosidade Total (% de Volume)

A porosidade total encontrada nos materiais estudados pode ser considerada alta para os horizontes B_{w2} dos latossolos, com percentagens em torno de 55%. Nos cambissolos (B_2), os valores apresentados são inferiores, estando entre 41 e 52%, com exceção do perfil AP1, que apresentou um valor superior (55%). Nos horizontes superficiais de todos os solos, a porosidade é mais elevada e está condicionada à presença da matéria orgânica e atividade biológica.

1.5. Resumo

Dentre as características físicas e suas relações, destacam-se as seguintes:

- em todos os solos é baixa a relação B/A , sempre inferior a 1,5;

- em geral, os solos das partes setentrional e central são menos argilosos do que os da parte meridional. Este fato parece indicar que a argilização dos materiais torna-se mais importante em direção ao sul da região estudada;

- a fração argila fina é mais representada nos latossolos que nos cambissolos, exceção feita aos perfis AP1 e SN1. A relação argila fina/argila grossa para o horizonte B_2 varia de 1,19 a 2,54 nos latossolos e de 0,24 a 0,62 nos cambissolos;

- a relação silte total/argila total é normalmente mais alta (entre 1,00 e 2,45 no B_2) nos cambissolos típicos, enquanto que nos latossolos típicos é bem inferior (0,12 e 0,22). É importante frisar a presença de cambissolos com valores inferiores a 0,60, principalmente nos solos da parte meridional;

- o percentual da fração areia (fina + grossa) está mais relacionado com o material de origem, do que com o tipo de solo. A relação areia fina/areia grossa apresenta-se pouco variável ao longo dos perfis, observando-se apenas variações significativas nos perfis NF2, NF3 e CJ2, onde os processos de retrabalhamento são evidentes na formação desses solos;

- o alto grau de floculação das argilas (100% no B_2), não é uma característica típica apenas dos latossolos, mas de quase todos os solos estudados, exceção feita aos cambissolos NF1, NF2 e CJ1, onde este valor é consideravelmente mais baixo;

- a densidade aparente mais baixa corresponde certamente a uma maior porosidade total dos solos e teores mais eleva

Quadro 3 - Análise física dos perfis estudados: granulometria, densidade aparente, real e suas relações

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina (dispersão com NaOH, calção) %						Relações				Densidade g/cm³		Porosidade (volum)	
Símbolo	Prof. cm	Calhu >20 mm	Cascalho 20 - 2mm	Terra Fina <2mm	A.F.	A.G.	S.F.	S.G.	a.f.	a.g.	A.F. A.G.	s.t. a.t.	s.f. a.g.	A.n. %	G.f. %	Aparente	Real	
NF1 - Cambissolo latossólico																		
A ₁	0-12	0	6	94	9	7	8	7	16	53	1,29	0,94	0,30	3	81	1,08	2,40	55
A ₃	-22	0	8	92	8	8	11	6	14	53	1,00	1,06	0,26	4	75	1,27	2,60	51
(B ₁)	-43	0	7	93	8	11	8	8	17	48	0,73	0,84	0,35	4	79	1,32	2,63	50
(B ₂₁)	-84	0	5	95	10	8	9	2	13	58	1,25	0,61	0,22	4	78	1,40	2,64	47
(B ₂₂)	-130	1	5	94	18	4	9	5	16	48	4,50	0,64	0,33	14	36	1,42	2,55	46
(B ₃)	-155	1	15	84	13	6	13	8	19	41	2,17	1,11	0,46	15	21	1,36	2,46	45
C	-170*	8	16	76	11	2	17	2	22	46	5,50	1,46	0,48	1	92	1,25	2,40	48
NF2 - Cambissolo																		
A ₁	0- 5	0	5	95	6	10	7	13	19	45	0,60	1,25	0,42	2	88	1,20	2,50	52
(B ₁)	-20	0	3	97	6	12	7	12	15	48	0,50	1,06	0,31	11	39	1,25	2,60	52
(B ₂)	-40	1	2	97	4	17	11	10	20	38	0,24	1,00	0,53	10	52	1,30	2,61	50
(B ₃)	-70	2	3	95	3	16	14	9	25	33	0,19	1,21	0,76	10	47	1,30	2,64	51
C	-150*	6	2	92	2	14	15	7	30	32	0,14	1,38	0,94	10	38	1,27	2,65	52
NF3 - Latossolo húmico																		
A ₁	0-30	tr.	1	99	22	24	3	9	12	30	0,92	0,26	0,40	24	48	1,20	2,50	56
A ₃	-95	tr.	2	98	29	24	3	9	10	25	1,21	0,23	0,40	38	28	1,12	2,60	57
B _{w1}	-130	3	4	93	28	25	1	6	12	28	1,12	0,13	0,43	0	100	1,11	2,59	57
B _{w21}	-210	0	2	98	32	27	2	5	12	22	1,19	0,12	0,55	0	100	1,15	2,60	56
B _{w22}	-275	0	2	98	32	27	2	7	10	22	1,19	0,15	0,45	0	100	1,20	2,65	55
B _{w23}	-370	0	2	98	32	23	4	8	10	23	1,39	0,22	0,43	1	98	1,22	2,68	54
B _{w3}	-500	0	3	97	23	33	5	8	10	21	0,70	0,23	0,48	1	98	1,20	2,69	55
C	-560*	0	2	98	11	23	16	18	15	17	0,48	1,00	0,88	1	97	1,17	2,65	50
AI1 - Cambissolo húmico																		
A ₁₁	0-20	0	0	100	19	22	19	12	5	23	0,86	0,76	0,22	9	78	0,60	1,85	68
A ₁₂	-40	0	tr.	100	29	28	9	17	4	13	1,04	0,46	0,31	23	60	0,82	2,10	61
A ₃	-55	0	1	99	27	39	6	16	4	8	0,69	0,33	0,50	31	53	0,98	2,20	55
(B ₁)	-70	0	3	97	23	42	6	17	5	7	0,55	0,35	0,71	39	40	1,10	2,50	56
(B ₂)	-110	0	2	98	15	45	8	17	6	9	0,33	0,42	0,67	0	100	1,20	2,65	55
(B ₃)	-120	0	1	99	11	29	16	17	13	14	0,38	0,83	0,93	0	100	1,15	2,60	55
C ₁	-140	0	6	94	6	13	13	24	18	26	0,46	1,95	0,69	0	100	-	-	-
C ₂	-200	0	7	93	2	16	5	33	20	24	0,13	2,11	0,83	0	100	-	-	-
C ₃	-300*	0	8	92	3	9	6	26	23	33	0,33	2,67	1,00	1	92	0,88	2,51	65

Legenda: A.F. = argila fina (< 0,2 µm); A.G. = argila grossa (2 - 0,2 µm); S.F. = silte fino (2 - 20 µm); S.G. = silte grosso (20 - 50 µm); a.f. = areia fina (50 - 200 µm); a.g. = areia grossa (200 - 2000 µm); s.t. = silte total; a.t. = argila total; A.n. = argila natural; G.f. = grau de flocculação.

Quadro 3. Continuação

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina (dispersão com NaOH, calagem) 1						Relações			Densidade g/cm³		Porosidade (volume)		
Símbolo	Prof. cm	Colheita > 20 cm	Colheita 20 - 2 cm	Terra Fina < 2 cm	A.F.	A.G.	S.F.	S.G.	a.f.	a.g.	A.F./A.G.	S.F./A.G.	S.G./A.G.	A.n. %	G.f. %	Aparente	Real	
PB1 - Cambissolo																		
A ₁	0- 7	0	1	99	14	17	4	8	37	20	0,82	0,39	1,85	23	26	1,25	2,48	50
A ₃	-17	0	5	95	18	13	3	10	36	20	1,38	0,42	1,80	23	26	1,27	2,50	49
Camada	-20	44	26	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(B ₁)	-30	0	5	95	10	31	4	9	31	15	0,32	0,32	2,07	0	100	1,35	2,55	47
(B ₂)	-65	0	2	98	13	21	8	11	30	17	0,62	0,56	1,76	0	100	1,40	2,60	46
(B ₃)	-80	5	4	91	9	12	14	14	33	18	0,75	1,33	1,83	0	100	1,42	2,62	46
C ₁	-150	0	7	93	5	15	13	16	33	18	0,33	1,45	1,83	0	100	1,43	2,63	46
C ₂	-200*	0	0	100	2	8	11	30	38	11	0,25	4,00	3,45	0	100	1,40	2,61	46
GJ1 - Cambissolo húmido																		
A ₁₁	0- 6	0	1	99	9	17	3	24	17	30	0,53	1,04	0,57	4	85	1,18	2,50	53
A ₁₂	-15	0	tr.	100	13	7	12	12	25	31	1,86	1,20	0,81	2	90	1,35	2,49	46
A ₃	-30	0	tr.	100	12	14	6	19	18	31	0,86	0,96	0,58	4	85	1,38	2,52	45
(B ₁)	-40	0	5	95	7	17	12	13	21	30	0,41	1,04	0,70	4	83	1,45	2,55	43
(B ₂)	-70	0	tr.	100	5	15	27	22	17	14	0,33	2,45	1,21	8	60	1,52	2,60	41
(B ₃)	-80	0	1	99	3	14	23	33	18	9	0,21	3,29	2,00	13	24	1,58	2,65	40
C ₁	-95	0	3	97	3	10	24	25	19	19	0,30	3,77	1,80	4	69	1,62	2,63	38
C ₂	-135	0	tr.	100	3	3	28	41	10	15	1,00	11,50	0,67	5	17	1,60	2,60	38
C ₃	-150*	0	0	100	2	6	14	32	22	24	0,33	5,75	0,92	4	50	1,61	2,60	38
GJ2 - Latossolo																		
A ₁₁	0-10	0	1	99	20	10	7	6	26	31	2,00	0,43	0,84	12	60	1,02	2,41	58
A ₁₂	-30	0	0	100	22	11	4	6	30	27	2,00	0,30	1,11	10	70	1,10	2,50	56
A ₃	-40	0	0	100	26	10	5	5	27	27	2,60	0,28	1,00	7	80	1,15	2,60	56
B _{w1}	-60	0	0	100	29	11	3	4	26	27	2,64	0,18	0,96	0	100	1,16	2,65	56
B _{w21}	-90	0	1	99	33	13	4	6	24	20	2,54	0,22	1,20	0	100	1,20	2,67	55
B _{w22}	-120	0	0	100	34	14	4	6	23	19	2,43	0,21	1,21	0	100	1,21	2,69	55
II B _{w31}	-170	0	3	97	25	17	8	6	21	23	1,47	0,33	0,91	0	100	1,20	2,70	56
II B _{w32}	-250*	0	1	99	22	16	12	8	20	22	1,38	0,53	0,91	0	100	1,25	2,71	54
SN1 - Cambissolo																		
A ₁	0-10	0	1	99	20	14	14	4	16	32	1,43	0,53	0,50	10	71	1,13	2,40	53
(B ₁)	-30	0	1	99	24	12	16	5	16	27	2,00	0,59	0,59	7	81	1,20	2,51	52
(B ₂₁)	-55	0	0	100	24	14	15	5	15	27	1,71	0,53	0,56	2	95	1,27	2,60	51
(B ₂₂)	-100	0	0	100	24	20	14	6	14	22	1,20	0,46	0,64	0	100	1,30	2,61	50
(B ₃)	-130	0	1	99	18	22	16	7	13	24	0,82	0,55	0,54	0	100	1,32	2,60	49
C	-250*	0	1	99	14	8	20	8	22	28	1,75	1,28	0,79	0	100	1,30	2,60	50

Legenda: A.F. = argila fina (< 0,2 µm); A.G. = argila grossa (2 - 0,2 µm); S.F. = silte fino (2 - 20 µm); S.G. = silte grosso (20 - 50 µm); a.f. = areia fina (50 - 200 µm); a.g. = areia grossa (200 - 2000 µm); s.t. = silte total; a.t. = argila total; A.n. = argila natural; G.f. = grau de flocculação.

Quadro 3. Continuação

Horizonte		Frações da Amostra Total				Composição Granulométrica Fina (dispersão com NaOH, calagem) %						Relações				Densidade g/cm³		Porosidade % (volume)
Símbolo	Prof. cm	Calha > 20 µm	Cascalho 20 - 2mm	Terra Fina < 2mm	A.F.	A.G.	S.F.	S.G.	a.f.	a.g.	A.F./A.G.	S.F./S.G.	A.F./S.F.	A.N. %	G.f. %	Aparente	Real	(volume)
CS1 - Latossolo Câmbio																		
A _{p11}	0-10	0	tr.	100	29	18	9	21	7	17	1,61	0,62	0,41	24	49	1,10	2,54	57
A _{p12}	-26	0	tr.	100	27	24	8	11	10	20	1,13	0,37	0,50	35	31	1,12	2,60	57
A ₃	-40	0	tr.	100	43	15	5	9	11	17	2,87	0,24	0,65	37	36	1,10	2,59	58
B _{w1}	-70	0	tr.	100	35	24	6	8	10	17	1,46	0,24	0,59	1	98	1,31	2,67	51
B _{w2}	-150	0	1	99	23	28	10	12	10	17	0,82	0,45	0,59	0	100	1,22	2,64	54
B _{w3}	-180	0	1	99	21	23	16	17	10	13	0,91	0,75	0,77	0	100	1,20	2,67	55
C	-200*	0	1	99	8	27	17	19	14	15	0,30	1,03	0,93	0	100	1,17	2,69	57
CS2 - Cambissolo																		
A ₁₁	0-16	0	tr.	100	16	36	2	24	11	11	0,31	0,50	1,00	22	58	1,02	2,45	58
A ₁₂	-43	0	tr.	100	26	29	2	22	10	11	0,53	0,44	0,91	31	44	1,10	2,50	56
A ₁₃	-60	0	tr.	100	29	33	1	20	10	7	0,47	0,34	1,43	41	34	1,12	2,55	56
(B ₁)	-90	0	1	99	32	31	1	17	10	9	0,51	0,29	1,11	0	100	1,20	2,55	53
(B ₂)	-140	0	tr.	100	22	40	2	20	9	7	0,35	0,35	1,29	0	100	1,25	2,60	52
(B ₃)	-260	0	tr.	100	18	26	8	34	9	5	0,41	0,95	1,80	0	100	1,20	2,60	54
C	-350*	0	1	99	13	3	18	40	15	11	0,93	3,63	1,36	0	100	1,17	2,62	55
API - Cambissolo húmido																		
A ₁₁	0-15	0	0	100	20	23	5	4	34	14	0,87	0,21	2,43	8	81	1,10	2,45	55
A ₁₂	-30	0	0	100	22	23	6	5	32	12	0,96	0,25	2,67	8	82	1,20	2,49	52
A ₁₃	-50	0	1	99	19	28	10	9	23	11	0,68	0,40	2,09	9	81	1,21	2,55	53
(B ₁)	-60	0	1	99	24	24	8	8	23	13	1,00	0,33	1,77	17	57	1,23	2,60	53
(B ₂₁)	-100	0	3	97	34	16	7	6	22	15	2,12	0,26	1,47	21	58	1,25	2,65	53
(B ₂₂)	-170	0	1	99	43	12	6	5	20	14	3,58	0,20	1,43	0	100	1,27	2,63	52
(B ₃)	-240	0	2	98	40	18	5	5	19	13	2,22	0,17	1,46	0	100	1,27	2,62	52
C	-350*	0	3	97	35	30	9	2	14	10	1,17	0,17	1,40	0	100	1,26	2,60	52

Legenda: A.F. = argila fina (< 0,2 µm); A.G. = argila grossa (2 - 0,2 µm); S.F. = silte fino (2 - 20 µm); S.G. = silte grosso (20 - 50 µm); a.f. = areia fina (50 - 200 µm); a.g. = areia grossa (200 - 2000 µm); s.t. = silte total; a.t. = argila total; A.n. = argila natural; G.f. = grau de flocculação.

dos de matéria orgânica; e

- a porosidade total é mais importante nos latossolos que nos cambissolos.

2. ANÁLISES QUÍMICAS

2.1. O Complexo Sortivo

Os dados referentes às características químicas e físico-químicas do complexo sortivo estão representados no Quadro 4.

2.1.1. O pH em água e KCl, Δ pH

Os valores de pH em água são baixos, variando entre 4,0 e 5,6 em todos os solos estudados e com uma distribuição bastante homogênea do topo para a base dos perfis. Portanto, pode-se considerar os solos com reação ácida, de moderada a forte.

Com relação ao pH determinado em KCl, os valores obtidos para os cambissolos são inferiores aos determinados em água. Por outro lado, no B_{w2} dos latossolos há uma inversão de pH, sendo os valores determinados em KCl, 0,1 a 0,3 unidades maiores que os em água. Neste caso, o Δ pH (pH KCl-pH H_2O) é positivo. Isto significa que o solo apresenta excesso de carga positiva, indicando, portanto, a predominância de colóides com cargas de pH dependentes (MEKARU & UEHARA, 1972), CTC muito baixa e possibilidades de fixação de ânions.

2.1.2. Soma de bases trocáveis (Valor S)

Todos os solos estudados são bastante dessatura-

dos, apresentando soma de bases (S) muito baixa no horizonte B₂, variando de 0,1 a 0,5 meq/100 g de terra fina (Quadro 4).

Nos horizontes superficiais (A), o valor S é mais elevado, onde as bases trocáveis, principalmente cálcio e magnésio, são oriundas, em grande parte, da transformação da matéria orgânica.

Pelos dados expostos no Quadro 4, não existe uma correlação entre os teores de bases trocáveis, sua soma (S) e os diversos tipos de solos estudados.

2.1.3. Alumínio extraível e a relação $100 \cdot Al^{+++}/Al^{+++} + S$

Os valores de alumínio extraível apresentam-se bastante variados ao longo dos perfis. Os mais altos ocorrem, normalmente, na parte superficial dos mesmos, estando entre 1,0 e 5,0 meq/100g de terra fina (Quadro 4).

Considerando-se, entretanto, o horizonte B, os valores mais altos foram constatados para os cambissolos, variando de 1,3 a 4,8 meq/100 g de terra fina, exceção feita apenas para o perfil PBl. Por outro lado, para os latossolos, o alumínio extraível é praticamente inexistente ($< 0,1$ meq/100 g de terra fina). Para solos intermediários (NF1 e CS1), os valores estão em torno de 0,6 a 0,8 meq/100g de terra fina.

A saturação com alumínio, segundo a relação $(100 \cdot Al^{+++}/Al^{+++} + S)$ é superior a 50% nos horizontes superficiais de quase todos os solos, excetuando-se o perfil CS1 e AP1, cujos valores são ligeiramente inferiores. Considerando-se a saturação no horizonte B₂, os valores da relação estão acima de 80% nos cambissolos, alcançando percentuais extremamente elevados (92 - 98%) nos perfis menos desenvolvidos. Ao contrário, nos latossolos, os valores são muito baixos, variando desde 0 a 33%. Nos solos considerados intermediários (CS1 e NF1), a saturação com alumínio está entre 55 e 80% respectivamente.

Do exposto, fica claro que existe uma aluminização intensa (MELFI & PEDRO, 1977) nos cambissolos, principalmente, nos perfis CJ1 e SN1, onde os valores de alumínio extraível ultrapassam a 4meq/100g de terra fina. O caráter álico (saturação com alumínio $\geq 50\%$) e teor de alumínio extraível ($\geq 0,3$ meq) podem ser constatados em quase todos os solos, com exceção do perfil CS1 que é apenas distrófico. Os perfis PB1 e CJ2 apresentam saturação com alumínio apenas na superfície, sendo, portanto, considerados epiálicos.

2.1.4. Capacidade de troca de cátions (CTC ou Valor T)

De um modo geral, a CTC é baixa a média em todos os perfis, sendo os menores valores encontrados para os latossolos (Quadro 4).

A matéria orgânica contribui decisivamente para a elevação da CTC nos horizontes de superfície (A_1), com valores bastante altos, compreendidos entre 7 e 29 meq/100g de terra fina. Isto pode ser comprovado pelo fato de que a CTC decresce em profundidade em todos os perfis, acompanhando a diminuição da matéria orgânica.

A estimativa da CTC pelo método gráfico (BENNEMA, 1966b), onde relaciona-se o carbono (C%) e o valor T (expresso em meq/100 g de argila), apresenta os seguintes resultados: para cambissolos, os valores da CTC variam de 0,8 a 15,5 meq; para latossolos, a CTC é sempre muito baixa, variando de 0,5 a 2,3 meq; e para solos intermediários, 12 meq no NF1 e 5 meq no CS1 (Figuras 9, 10 e 11).

Este método permite, ainda, estimar a participação da matéria orgânica na CTC dos solos. Pelos dados apresentados nas Figuras 9, 10 e 11, observa-se que 1g de carbono apresenta uma CTC de 5,0 a 5,5 meq nos solos da parte setentrional da área (NF1, NF2 e NF3), 3,3 a 4 meq para os solos da parte central

Figura 9 - Relação carbono e CTC para 100g de argila, pelo método gráfico (BENNE-MA, 1966b), referentes aos perfis NF1, NF2 e NF3.

Figura 10 - Relação carbono e CTC para 100g de argila, pelo método gráfico (BEN NEMA, 1966b), referentes aos perfis AI₁, PB₁, CJ₁ e CJ₂.

Figura 11 - Relação carbono e CTC para 100 g de argila, pelo método gráfico (BENNEMA, 1966b), referentes aos perfis SN₁, CS₁, CS₂ e AP₁.

da área (AI1, PB1, CJ1 e CJ2), e finalmente, na parte meridional, os valores voltam a subir e chegam a atingir cerca de 6,6 meq (SN1, CS1, CS2 e AP1).

2.1.5. Saturação de bases (Valor V%)

O complexo coloidal encontra-se extremamente dessaturado em todos os solos estudados. As mais baixas percentagens para o valor V% são constatadas nos Cambissolos (1 a 8%), atingindo 17% apenas no perfil PB1. Para os latossolos, embora os valores também sejam baixos, variam de 6 a 15%. O perfil CS1 foi o único a não apresentar o complexo totalmente dessaturado, com uma saturação entre 41 e 22% no horizonte A_p, provavelmente devido ao emprego de corretivos no local de coleta do perfil.

2.1.6. Resumo

Dentre as características do complexo sortivo, destacam-se as seguintes:

- o pH medido em todos os solos apresenta uma reação forte a moderadamente ácida. O Δ pH (pH KCl - pH H₂O) é sempre negativo para os cambissolos, indicando predomínio de cargas negativas. Entretanto, para os horizontes B_{w2} dos latossolos (NF3 e CJ2), é positivo, com valores que variam de 0,1 a 0,3. Este Δ pH positivo indica um estágio bastante avançado para esses latossolos;

- a elevada acidez é refletida no complexo sortivo, pela muito baixa soma de bases (S), saturação de bases e pela elevada disponibilidade de alumínio extraível. Estes valores são resultantes da intensa lixiviação apresentada pelos solos;

- existe uma aluminização intensa nos Cambisso-

Quadro 4 - Análise química: pH, complexo sortivo (S e T), saturação de bases e relação $100.Ai^{+++}/Al^{+++} + S$

Horizonte		pH (1: 2,5)			Complexo Sortivo (meq/100g)						Valor VI		100.Ai ⁺⁺⁺	
Símbolo	Profundidade cm	H ₂ O	KCl	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S (soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T (soma)	(sat.bases)	Al ⁺⁺⁺ + S
HF1 - Cambissolo latossólico														
A ₁	0-12	4,0	3,9	-0,1	0,2		0,11	0,04	0,4	2,1	1,1	9,6	4	84
A ₃	-22	4,2	4,0	-0,2	0,2		0,09	0,05	0,3	1,5	0,0	7,8	4	83
(B ₁)	-43	4,3	4,2	-0,1	0,1		0,05	0,04	0,2	1,0	4,3	5,5	4	83
(B ₂₁)	-84	4,9	4,3	-0,6	0,1		0,03	0,04	0,2	0,8	4,3	5,3	4	80
(B ₂₂)	-130	4,9	4,4	-0,5	0,2		0,03	0,03	0,3	0,7	3,1	4,1	7	70
(B ₃)	-155	4,8	4,6	-0,2	0,2		0,04	0,04	0,3	0,4	2,7	3,4	9	57
C	-170*	5,3	5,0	-0,3	0,9		0,05	0,13	1,1	0,1	2,3	3,5	31	8
HF2 - Cambissolo														
A ₁	0-5	4,5	3,9	-0,6	2,0	0,3	0,29	0,06	2,7	1,7	7,1	11,5	23	39
B ₁	-20	4,4	4,1	-0,3	0,2		0,09	0,03	0,3	1,4	4,5	6,2	5	82
(B ₂)	-40	4,4	4,2	-0,2	0,4		0,06	0,03	0,5	2,1	3,6	6,2	8	81
(B ₃)	-70	4,5	4,0	-0,5	0,1		0,07	0,03	0,2	3,5	2,2	5,9	3	95
C	150*	4,6	4,1	-0,5	0,1		0,09	0,03	0,2	2,2	1,8	4,2	5	92
HF3 - Latossolo húmico														
A ₁	0-30	4,2	3,8	-0,4	0,8		0,13	0,06	1,0	4,2	13,7	18,9	5	81
A ₃	-95	4,8	4,3	-0,5	0,4		0,03	0,02	0,5	1,7	7,2	9,4	5	77
B _{w1}	-130	4,7	4,5	-0,2	0,3		0,01	0,02	0,3	0,6	3,6	4,5	7	67
B _{w21}	-210	4,8	4,9	+0,1	0,2		0,01	0,02	0,2	0,2	2,9	3,3	6	50
B _{w22}	-275	5,1	5,2	+0,1	0,4		0,01	0,03	0,4	0	2,3	2,7	15	0
B _{w23}	-370	5,3	5,5	+0,2	0,4		0,01	0,02	0,4	0	2,0	2,4	17	0
B _{w3}	-500	5,4	5,5	+0,1	0,4		0,01	0,02	0,4	0	1,6	2,0	20	0
C	-560*	5,2	4,9	-0,3	0,4		0,02	0,02	0,4	0,1	1,4	1,9	21	20
Al1 - Cambissolo húmico														
A ₁₁	0-20	4,9	4,1	-0,8	0,2		0,22	0,04	0,5	4,2	20,5	25,2	2	89
A ₁₂	-40	4,7	4,3	-0,6	0,1		0,04	0,02	0,2	2,6	11,7	14,5	1	93
A ₃	-55	4,8	4,3	-0,5	0,1		0,02	0,02	0,1	2,2	8,5	10,8	1	96
(B ₁)	-70	4,9	4,4	-0,5	0,1		0,02	0,02	0,1	1,4	5,8	7,3	1	93
(B ₂)	-110	4,8	4,3	-0,5	0,1		0,05	0,02	0,2	1,3	3,4	4,9	4	87
(B ₃)	-120	4,7	4,2	-0,5	0,1		0,13	0,04	0,3	1,7	2,3	4,3	7	85
C ₁	-140	4,9	4,3	-0,6	0,1		0,19	0,04	0,3	1,3	2,0	3,6	8	81
C ₂	-200	4,9	3,9	-1	0,1		0,36	0,03	0,5	3,0	0,8	4,3	12	86
C ₃	-300	4,2	4,2	0	0,1		0,43	0,05	0,6	1,0	1,6	3,2	19	63
PR1 - Cambissolo														
A ₁	0-7	4,8	4,0	-0,8	0,2		0,13	0,02	0,4	2,4	4,2	7,0	6	86
A ₃	-17	4,8	4,1	-0,7	0,1		0,05	0,02	0,2	2,2	3,0	5,4	4	92
Camuda	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(B ₁)	-30	4,4	4,2	-0,2	0,1		0,03	0,03	0,2	1,2	1,7	3,1	5	86
(B ₂)	-65	5,2	4,8	-0,4	0,1		0,02	0,01	0,1	0	1,4	1,5	7	0
(B ₃)	-80	5,3	5,1	-0,2	0,1		0,01	0,01	0,1	0	0,5	0,6	17	0
C ₁	-150	5,2	4,8	-0,4	0,1		0,01	0,01	0,1	0	0,7	0,8	13	0
C ₂	-200*	5,2	4,7	-0,5	0,1		0,01	0,01	0,1	0	0,7	0,8	13	0

Quadro 4. Continuação

Horizonte		pH (1 2,5)			Complexo Sortivo [meq/100g]						Valor Vt			100.A ^{***}	
Símbolo	Profundidade cm	H ₂ O	KCl	ApH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S (soma)	Al ^{***}	H ⁺	l (soma)	(sat.bases)	Al ^{***} + S	
CJ1 - Cambissolo húmido															
A ₁₁	0-6	4,8	3,6	-1,2	0,1	0,23	0,03	0,4	5,0	23,7	29,1	1		93	
A ₁₂	-15	4,8	3,9	-0,8	0,1	0,10	0,02	0,2	4,6	13,7	18,5	1		96	
A ₃	-30	4,8	3,9	-0,8	0,1	0,10	0,03	0,2	5,0	14,0	19,2	1		96	
(B ₁)	-40	4,6	4,1	-0,5	0,1	0,02	0,02	0,1	3,5	6,3	6,9	1		97	
(B ₂)	-70	4,7	3,9	-0,8	0,1	0,02	0,02	0,1	4,1	2,4	6,6	2		98	
(B ₃)	-80	4,9	3,8	-0,9	0,1	0,02	0,02	0,1	3,5	1,0	4,6	2		97	
C ₁	-95	4,9	4,0	-0,9	0,1	0,01	0,01	0,1	2,8	1,4	4,3	2		97	
C ₂	-135	4,8	3,8	-1	0,1	0,01	0,01	0,1	1,8	0,6	2,5	4		95	
C ₃	-150*	4,8	3,6	-1,2	0,1	0,02	0,02	0,1	2,9	0,4	3,4	3		97	
CJ2 - Latossolo															
A ₁₁	0-10	5,4	4,3	-1,1	2,1	0,4	0,26	0,02	2,8	0,8	10,0	13,6	21	22	
A ₁₂	-30	5,0	4,3	-0,7	0,4	0,09	0,01	0,5	1,3	7,9	9,7	5		72	
A ₃	-40	4,9	4,3	-0,6	0,2	0,05	0,01	0,3	0,8	5,0	6,1	5		73	
B _{w1}	-60	5,0	4,4	-0,6	0,2	0,05	0,01	0,3	0,5	4,1	4,9	6		63	
B _{w21}	-90	5,4	4,9	-0,5	0,1	0,13	0,01	0,2	0,1	3,1	3,4	6		33	
B _{w22}	-120	5,1	5,3	+0,2	0,1	0,07	0,02	0,2	0,1	2,7	3,0	-		33	
II B _{w31}	-170	5,6	5,9	+0,3	0,1	0,05	0,02	0,2	0,1	1,3	1,6	13		33	
II B _{w32}	-250	5,3	5,5	+0,2	0,1	0,09	0,02	0,2	0,1	0,9	1,2	17		33	
III C	-450*	5,5	4,2	-1,3	0,9	0,2	0,15	0,03	1,3	0,1	1,1	2,5	52	-	
SN1 - Cambissolo															
A ₁	0-10	4,8	4,2	-0,6	2,2	0,2	0,38	0,06	2,8	2,1	14,0	18,9	15	43	
(B ₁)	-30	4,2	3,9	-0,3	0,6	0,07	0,05	0,7	6,2	11,0	17,9	4		90	
(B ₂₁)	-50	4,3	3,9	-0,4	0,4	0,07	0,03	0,5	4,9	8,2	13,6	4		91	
(B ₂₂)	-100	4,5	4,1	-0,4	0,2	0,02	0,03	0,3	3,2	3,1	6,6	5		91	
(B ₃)	-130	4,6	4,2	-0,4	0,4	0,02	0,03	0,5	3,0	2,2	5,7	9		86	
CS1 - Latossolo cámbico															
A _{p11}	0-10	5,5	4,6	-0,9	4,8	1,1	0,37	0,05	6,3	0,6	8,3	15,2	41	9	
A _{p12}	25	5,3	4,4	-0,9	2,3	0,2	0,15	0,03	2,7	1,7	7,7	12,1	22	39	
A ₃	-40	5,3	4,4	-0,9	0,9	0,7	0,09	0,02	1,6	1,0	6,2	8,8	18	38	
B _{w1}	-70	5,3	4,4	-0,9	0,8	0,08	0,02	0,9	1,9	4,5	7,3	12		68	
B _{w2}	-150	5,4	4,7	-0,7	0,4	0,05	0,02	0,5	0,6	2,9	4,0	13		55	
B _{w3}	-180	5,3	4,4	-0,9	0,4	0,04	0,02	0,5	1,7	3,1	5,3	9		77	
C	-200*	5,0	4,4	-0,6	0,9	0,11	0,02	1,0	2,1	2,5	5,6	18		68	
CS2 - Cambissolo															
A ₁₁	0-16	4,5	3,9	-0,6	1,0	1,2	0,26	0,03	1,5	4,5	11,4	17,4	9	76	
A ₁₂	-43	4,8	4,1	-0,7	0,6	0,12	0,02	0,7	5,3	9,6	15,6	4		88	
A ₁₃	-60	5,0	4,2	-0,8	0,5	0,09	0,02	0,6	5,2	9,0	14,8	4		90	
(B ₁)	-90	5,1	4,3	-0,8	0,3	0,04	0,02	0,4	3,1	4,1	7,6	5		89	
(B ₂)	-140	5,0	4,4	-0,6	0,1	0,03	0,02	0,2	2,3	2,3	4,8	4		92	
(B ₃)	-260	5,1	4,3	-0,8	0,9	0,05	0,02	1,0	3,7	2,7	7,4	14		79	
C	-350*	4,9	4,1	-0,8	0,5	0,06	0,02	0,6	5,3	0,6	6,5	9		90	
API - Cambissolo húmido															
A ₁₁	0-15	4,2	3,7	-0,5	4,8	0,7	0,16	0,07	5,7	1,8	15,0	22,5	25	24	
A ₁₂	-30	4,2	3,7	-0,5	2,2	0,6	0,07	0,03	2,9	2,8	12,5	18,2	15	49	
A ₁₃	-50	4,3	3,8	-0,5	1,2	0,2	0,04	0,03	1,5	2,8	13,6	17,9	8	66	
(B ₁)	-60	4,5	3,8	-0,7	0,8	0,03	0,02	0,9	1,0	4,5	6,4	13		54	
(B ₂₁)	-100	4,8	3,9	-0,9	0,4	0,02	0,02	0,4	1,9	2,8	5,1	8		81	
(B ₂₂)	-170	4,8	3,9	-0,9	0,3	0,02	0,03	0,4	1,7	3,1	5,2	8		83	
(B ₃)	-240	4,8	3,8	-1	0,2	0,05	0,04	0,3	1,4	3,0	4,7	6		83	
C	-350*	4,8	3,8	-1	0,5	0,07	0,04	0,6	1,8	2,5	4,9	12		75	

los, principalmente nos perfis CJ1 e SN1, onde o alumínio extraível ultrapassa 4 meq/100g de terra fina. O caráter álico é comum a quase todos os solos, com exceção do perfil CS1 que é apenas distrófico (saturação de bases < 50%) e os perfis PB1 e CJ2, álicos somente na superfície (epiálicos);

- a elevada CTC nos horizontes superficiais (A_1), com valores que chegam até 29 meq/100g de terra fina, está estreitamente relacionada com a presença, normalmente abundante, da matéria orgânica nestes solos. Este fato ficou comprovado pela determinação da CTC da matéria orgânica, cujos valores estão compreendidos entre 3,3 e 6,6 meq para cada grama de carbono; e

- a CTC para 100g de argila, segundo o método gráfico (BENNEMA, 1966b), é sempre muito baixa nos latossolos, enquanto que nos cambissolos ela pode ser desde baixa até média, ligeiramente acima de 13 meq/100g de argila, como foi constatado no perfil NF2.

2.2. Análises Químicas Totais, Parciais e suas Relações

Objetivando, principalmente, o conhecimento das relações entre os principais elementos e seu comportamento nos solos estudados, foram adotados diferentes métodos de análise para fins comparativos, tendo em vista, a possibilidade de se constatar, nos solos, particularidades e diversificações segundo o método analítico empregado.

Os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 , obtidos por diferentes ataques, estão representados no Quadro 5.

O ataque por ácido sulfúrico foi feito para todos os horizontes, e o perclórico + fluorídrico apenas para o horizonte B_2 . O ferro livre extraível pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio foi também determinado em todos os horizontes, enquanto que o alumínio extraível, apenas nos horizontes A_1 , B_2 e

Quadro 5 - Análise química: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 resultantes dos ataques sulfúrico (t), perclórico + fluorídrico (T), Ácido (HCl) e base (NaOH) alternados, ditionito (d), e oxalato (o).

Horizonte		% SiO ₂				% Fe ₂ O ₃					% Al ₂ O ₃					
Símbolo	Profundidade cm	Si _t	Si _T	Ti _t	Ti _T	Fe _t	Fe _T	Fe _{HCl}	Fe _d	Fe _o	Al _t	Al _T	Al _{HCl}	Al _{NaOH}	Al _d	Al _o
NF1 - Cambissolo latossólico																
A ₁	0- 12	3,0	-	0,74	-	3,4	-	3,84	2,80	0,57	7,4	-	3,45	5,61	1,10	0,43
A ₃	- 22	2,9	-	0,67	-	3,1	-	-	2,80	-	7,0	-	-	-	-	-
(B ₁)	- 43	2,6	-	0,63	-	3,3	-	-	2,90	-	6,6	-	-	-	-	-
(B ₂₁)	- 84	3,4	69,2	0,73	0,94	4,0	5,2	5,15	3,30	0,74	9,5	16,5	3,93	7,20	1,19	0,48
(B ₂₂)	-130	3,9	-	0,93	-	5,0	-	-	4,00	-	12,3	-	-	-	-	-
(B ₃)	-155	6,3	-	1,38	-	10,6	-	10,32	6,70	0,42	22,9	-	8,36	6,25	2,11	0,48
C	-170 ⁺	5,1	-	1,79	-	12,6	-	-	6,80	-	26,0	-	-	-	-	-
NF2 - Cambissolo																
A ₁	0- 5	5,9	-	0,76	-	3,7	-	5,59	2,80	0,59	10,7	-	6,74	9,65	0,80	0,47
(B ₁)	- 20	4,5	-	0,89	-	4,0	-	-	2,01	-	10,4	-	-	-	-	-
(B ₂)	- 40	8,6	37,6	1,03	1,16	6,2	8,2	7,37	2,32	1,40	15,9	30,0	8,12	8,51	1,10	0,55
(B ₃)	- 70	15,5	-	1,31	-	9,3	-	10,01	3,11	0,63	20,6	-	9,98	10,84	1,10	0,54
C	-150 ⁺	10,4	-	1,00	-	6,6	-	-	2,42	-	19,0	-	-	-	-	-
NF3 - Latossolo húmico																
A ₁	0- 30	16,2	-	0,98	-	6,4	-	5,57	5,34	0,42	29,0	-	3,23	10,66	2,08	0,70
A ₃	- 95	18,1	-	1,13	-	7,4	-	-	6,20	-	21,6	-	-	-	-	-
B _{w1}	-130	18,6	-	1,24	-	8,1	-	-	7,19	-	22,1	-	-	-	-	-
B _{w21}	-210	18,0	-	1,02	-	8,2	-	6,72	7,65	0,16	23,6	-	4,57	10,27	2,33	0,39
B _{w22}	-275	19,6	36,3	1,18	1,20	8,8	9,2	8,07	7,80	0,07	25,0	33,3	4,47	11,43	2,23	0,27
B _{w23}	-370	20,6	-	1,19	-	9,3	-	-	8,10	-	25,6	-	-	-	-	-
B _{w3}	-500	20,0	-	1,16	-	9,4	-	-	8,00	0,10	24,9	-	-	-	-	-
C	-560 ⁺	23,2	-	1,36	-	11,5	-	10,19	8,84	-	25,2	-	3,56	11,43	1,54	0,22
A11 - Cambissolo húmico																
A ₁₁	0- 20	12,6	-	1,43	-	6,5	-	5,57	4,85	1,71	28,0	-	11,95	15,63	6,07	0,77
A ₁₂	- 40	14,0	-	2,33	-	8,8	-	-	5,10	-	30,2	-	-	-	-	-
A ₃	- 55	14,7	-	1,76	-	8,1	-	-	5,90	-	30,4	-	-	-	-	-
(B ₁)	- 70	15,4	-	1,99	-	8,7	-	-	5,24	-	29,8	-	-	-	-	-
PB1 - Cambissolo																
A ₁	0- 7	8,1	-	0,68	-	4,7	-	4,6	4,19	0,23	11,4	-	3,30	3,50	1,80	0,40
A ₃	- 17	8,3	-	0,78	-	5,5	-	-	4,50	-	12,6	-	-	-	-	-
Canada	- 20	9,4	-	0,76	-	6,2	-	-	5,12	-	14,0	-	-	-	-	-
II(B ₁)	- 30	11,7	-	0,94	-	7,6	-	-	6,70	-	16,5	-	-	-	-	-
II(B ₂)	- 65	11,1	57,1	0,90	0,92	8,0	8,6	7,8	7,31	0,10	15,1	19,8	2,70	5,00	2,20	0,39
II(B ₃)	- 80	10,2	-	0,78	-	7,4	-	-	7,10	-	15,3	-	2,10	4,21	1,20	0,14
II C ₁	-150	12,7	-	0,89	-	7,3	-	-	7,20	0,19	15,0	-	-	-	-	-
II C ₂	-200 ⁺	17,6	-	0,80	-	9,5	-	-	-	-	15,9	-	2,30	4,12	1,10	0,14
CJ1 - Cambissolo húmico																
A ₁₁	0- 6	6,7	-	0,87	-	5,6	-	5,4	4,0	2,04	11,7	-	5,30	4,60	2,8	1,47
A ₁₂	- 15	7,0	-	1,2	-	7,2	-	-	4,6	-	12,0	-	-	-	-	-
A ₃	- 30	8,0	-	1,02	-	6,9	-	-	4,2	-	9,6	-	-	-	-	-
(B ₁)	- 40	5,4	-	1,20	-	7,8	-	-	3,2	-	13,4	-	-	-	-	-
(B ₂)	- 70	14,2	46,0	1,57	1,60	10,8	14,0	10,7	3,4	1,83	16,4	20,3	9,50	5,30	1,70	1,1
(B ₃)	- 80	18,9	-	1,70	-	11,7	-	-	3,4	-	19,3	-	-	-	-	-
C ₁	- 95	14,6	-	1,35	-	8,9	-	8,5	2,2	1,29	19,1	-	8,80	5,90	0,90	0,69
C ₂	-135	10,0	-	0,66	-	5,4	-	-	2,0	-	21,8	-	-	-	-	-
C ₃	-150 ⁺	18,2	-	1,57	-	11,9	-	10,7	1,8	-	17,8	-	8,50	5,40	0,50	0,25

Quadro 5. Continuação

Horizonte		Σ SiO ₂				Σ TiO				Σ Fe ₂ O ₃					Σ Al ₂ O ₃				
Símbolo	Profundidade cm	Si _t	Si _T	Ti _t	Ti _T	Fe _t	Fe _T	Fe _{HCl}	Fe _d	Fe _o	Al _t	Al _T	Al _{HCl}	Al _{NaOH}	Al _d	Al _o			
CJ2 - Latossolo																			
A ₁₁	0- 10	5,5	-	0,59	-	4,6	-	-	3,71	-	12,2	-	-	-	-	-			
A ₁₂	- 30	6,7	-	0,69	-	5,2	-	5,33	4,68	0,25	13,5	-	4,25	8,32	1,98	0,57			
A ₃	- 40	6,5	-	0,69	-	5,3	-	-	5,04	-	14,7	-	-	-	-	-			
B _{w1}	- 60	7,1	-	0,82	-	6,0	-	-	5,54	-	16,5	-	-	-	-	-			
B _{w21}	- 90	8,6	-	0,95	-	7,1	-	-	6,57	-	19,7	-	-	-	-	-			
B _{w22}	-120	9,0	52,9	0,96	-	7,0	7,42	6,81	6,93	0,27	20,7	23,6	5,12	7,45	2,20	0,45			
II B _{w31}	-170	9,5	-	0,94	-	7,0	-	-	6,50	-	20,8	-	-	-	-	-			
II B _{w32}	-250	8,6	-	0,94	-	7,1	-	6,67	6,92	0,28	19,1	-	3,22	8,54	1,50	0,14			
III C	-450 ⁺	11,5	-	0,28	-	2,1	-	-	-	-	8,9	-	-	-	-	-			
SH1 - Cambissolo																			
A ₁	0- 10	12,1	-	1,02	-	3,9	-	3,70	3,20	0,86	10,8	-	2,98	6,71	1,52	0,46			
(B ₁)	- 30	13,7	-	1,12	-	4,2	-	-	3,42	-	12,0	-	-	-	-	-			
(B ₂₁)	- 55	14,2	-	1,40	-	4,5	-	-	3,73	-	19,9	16,8	-	-	-	-			
(B ₂₂)	-100	16,2	65,4	1,56	1,60	4,7	4,89	4,80	4,42	1,02	14,6	16,8	6,10	8,32	2,32	0,41			
(B ₃)	-130 ⁺	19,0	-	1,42	-	6,0	-	-	5,30	0,98	17,5	-	-	-	2,35	0,30			
CS1 - Latossolo cambissolo																			
A _{p11}	0- 10	18,1	-	1,26	-	8,2	-	5,02	5,52	0,83	15,9	-	4,12	8,31	1,52	0,42			
A _{p12}	- 25	19,7	-	1,35	-	9,2	-	-	6,21	-	18,5	-	-	-	-	-			
A ₃	- 40	21,0	-	1,55	-	10,3	-	-	7,08	-	19,5	-	-	-	-	-			
B _{w1}	- 70	21,6	-	1,53	-	10,1	-	-	7,56	-	20,5	-	-	-	-	-			
B _{w2}	-150	23,3	54,4	1,51	1,50	10,2	10,5	7,48	7,81	0,22	22,9	22,5	6,02	12,32	1,99	0,33			
B _{w3}	-180	25,6	-	1,89	-	12,1	-	8,22	-	23,4	-	-	-	-	-	-			
C	-200	25,6	-	2,74	-	15,1	-	12,21	9,85	0,29	23,8	-	7,22	12,53	1,77	0,42			
CS2 - Cambissolo																			
A ₁₁	0- 16	17,5	-	3,18	-	9,1	-	5,87	6,07	1,28	15,0	-	3,22	4,82	1,79	0,52			
A ₁₂	- 43	18,7	-	3,28	-	10,5	-	-	6,49	-	15,7	-	-	-	-	-			
A ₁₃	- 60	20,5	-	3,4	-	10,7	-	-	6,80	-	21,9	-	-	-	-	-			
(B ₁)	- 90	22,2	-	2,77	-	10,9	-	7,98	7,19	0,23	21,2	-	4,12	7,05	4,12	0,51			
(B ₂)	-140	24,0	41,5	2,70	3,11	13,5	14,4	10,31	9,78	0,22	23,7	24,2	4,04	7,80	4,04	0,41			
(B ₃)	-260	29,3	-	1,98	-	14,0	-	-	5,26	-	26,6	-	-	-	-	-			
C	-350 ⁺	26,5	-	0,22	-	7,1	-	5,05	2,79	0,11	20,8	-	4,05	8,40	0,66	0,18			
AP1 - Cambissolo húmido																			
A ₁₁	0- 15	14,4	-	1,13	-	7,6	-	5,78	5,28	1,39	14,0	-	3,21	8,35	1,62	0,52			
A ₁₂	- 30	14,6	-	1,15	-	7,8	-	-	6,10	-	14,3	-	-	-	-	-			
A ₁₃	- 50	15,2	-	1,15	-	8,0	-	-	7,21	-	15,6	-	-	-	-	-			
(B ₁)	- 60	16,7	-	1,18	-	8,5	-	-	7,28	0,97	16,9	-	-	-	1,80	0,65			
(B ₂₁)	-100	18,4	64,6	1,12	1,65	9,2	9,84	9,17	8,21	0,35	19,2	16,8	4,13	9,12	2,29	0,49			
(B ₂₂)	-170	19,5	-	0,96	-	8,5	-	-	7,10	-	22,6	-	-	-	-	-			
(B ₃)	240	20,1	-	0,96	-	5,9	-	-	4,52	-	23,0	-	-	-	-	-			
C	350 ⁺	23,0	-	0,92	-	3,3	-	-	2,10	0,12	22,7	-	2,83	10,21	1,87	0,28			

B₃ e/ou C. Para avaliação dos produtos de baixa cristalinidade de ferro e alumínio (comumente denominados amorfos), a extração foi feita por ataques alternados (ácido-básico), e por oxalato de amônio em ambiente escuro.

2.2.1. SiO₂ e Al₂O₃

Os dados obtidos do ataque sulfúrico mostraram teores de SiO₂ e Al₂O₃ uniformes, no interior de cada perfil, com ligeiro aumento do topo para base. Constata-se que nos diferentes setores da região estudada, existe uma certa tendência na distribuição dos mesmos: os valores mais baixos são encontrados nos solos das partes setentrional e central, principalmente associados aos cambissolos, enquanto que os valores mais elevados estão restritos à parte meridional. Explica-se tal fato, pelas relações dos óxidos com os teores de argila, que como foi visto anteriormente, são mais elevados na parte meridional (argilização mais importante).

2.2.2. As relações moleculares SiO₂/Al₂O₃ (Ki) e SiO₂ / R₂O₃ (Kr)

Os valores obtidos para relações moleculares entre estes óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico encontram-se no quadro 6, e estão graficamente representadas na Figura 12.

Os dados revelam que todos os solos apresentam um Ki entre 0,5 e 1,89 no horizonte B, sendo os valores mais baixos constatados para os solos das partes setentrional e central. Nestas regiões, foi ainda constatado que os valores da relação Ki, decrescem do horizonte B para C, onde se situam entre 0,3 e 1,30. Apenas o cambissolo (PB1) e os latossolos NF3 e CJ2 possuem horizonte C com valores de Ki maiores que do B. Na parte meridional, esta situação é encontrada em todos os solos analisados.

Figura 12 - Representação gráfica da relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Ki})$ dos solos estudados.

Os valores obtidos para a relação molecular (Kr) são proporcionais aos encontrados para a relação Ki, não sendo constatada nenhuma variação importante.

Relacionando-se os valores da relação Ki com o tipo de alteração, verifica-se que a alitização (HARRASSOWITZ, 1926, e PEDRO, 1964, 1966) é o processo predominante na gênese dos solos das partes setentrional e central da região estudada. Este processo é muito importante, principalmente na formação dos cambissolos. Por outro lado, a monossialitização (HARRASSOWITZ, op.cit., e PEDRO, op.cit.) é o processo genético que afeta todos os solos da parte meridional.

2.2.3. Fe_2O_3 do ataque por ácido sulfúrico e perclórico + fluorídrico

Os teores de Fe_2O_3 , obtidos a partir do ataque sulfúrico, podem ser considerados, em todos os solos analisados, médios a baixos (3,1 a 13,5%), com ligeiro aumento no horizonte B em relação ao A.

Comparando-se os teores em Fe_t e Fe_T , obtidos pelos ataques sulfúrico e perclórico + fluorídrico respectivamente, constata-se uma variação importante nos cambissolos NF1, AI1 e CJ1, todos pertencentes às partes setentrional e central da área. Estes solos apresentam diferenças significativas entre os dois tipos de ataques, acusando valores entre 1,0 e 3,2% de Fe_2O_3 . Nos outros solos, esta diferença é menor do que 1%, estando os valores mais baixos (0,30 a 0,42%) associados aos solos mais intemperizados (latossolos).

A relação Fe_t/Fe_T mais elevada corresponde a solos mais evoluídos, isto é, sem reserva de minerais primários contendo ferro na sua estrutura. Assim, observa-se no Quadro 6, que os valores mais altos (0,93 a 0,97) estão relacionados com os latossolos típicos (NF3 e CJ2) e todos os solos da parte meridional,

Quadro 6 - As relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Ki})$ e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}_3(\text{Kr})$ do ataque sulfúrico e outras relações entre os óxidos de ferro e alumínio (Fe_t = extraível pelo ácido sulfúrico; Fe_T = extraível pelo ácidos perclórico + fluorídrico; Fe_d = extraível pelo citrato e Fe_o = extraível pelo oxalato de amônio).

Horizonte		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Fe}_t}{\text{Fe}_T}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$	$\frac{\text{Fe}_o}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_d}{\text{Al}_t}$	$\frac{\text{Al}_o}{\text{Al}_d}$
Símbolo	Profundidade cm	(Ki)	(Kr)					

NF1 - Cambissolo latossólico

A ₁	0-12	0,69	0,53	-	0,82	0,20	0,15	0,39
A ₃	-22	0,70	0,55	-	0,90	-	-	-
(B ₁)	-43	0,67	0,51	-	0,88	-	-	-
(B ₂₁)	-84	0,61	0,48	0,77	0,83	0,19	0,13	0,40
(B ₂₂)	-130	0,54	0,43	-	0,80	-	-	-
(B ₃)	-155	0,47	0,36	-	0,63	0,04	0,09	0,23
C	-170 ⁺	0,33	0,36	-	0,54	-	-	-

NF2 - Cambissolo

A ₁	0- 5	0,94	0,73	-	0,49	0,33	0,07	0,59
(B ₁)	-20	0,74	0,59	-	0,50	-	-	-
(B ₂)	-40	0,92	0,74	0,76	0,37	0,60	0,07	0,50
(B ₃)	-70	1,28	0,99	-	0,33	0,20	-	-
C	-150 ⁺	0,93	0,76	-	0,37	-	0,05	0,49

NF3 - Latossolo húmico

A ₁	0-30	1,21	0,96	-	0,83	0,08	0,11	0,34
A ₃	-95	1,12	0,86	-	0,84	-	-	-
B _{w1}	-130	1,14	0,89	-	0,88	-	-	-
B _{w21}	-210	1,21	0,93	-	0,93	0,02	0,10	0,17
B _{w22}	-275	1,25	0,93	0,96	0,89	0,01	0,09	0,12
B _{w23}	-370	1,13	0,87	-	0,87	-	-	-
B _{w3}	-500	1,44	1,10	-	0,85	0,01	-	-
C	-560	1,88	1,36	-	0,77	-	0,06	0,14

Quadro 6. Continuação

Horizonte		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Fe}_t}{\text{Fe}_T}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$	$\frac{\text{Fe}_o}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_d}{\text{Al}_t}$	$\frac{\text{Al}_o}{\text{Al}_d}$
Símbolo	Profundidade cm	(Ki)	(Kr)					
<i>AI1 - Cambissolo húmico</i>								
A ₁₁	0-20	0,77	0,68	-	0,75	0,35	0,22	0,13
A ₁₂	-40	0,79	0,66	-	0,58	-	-	-
A ₃	-55	0,82	0,70	-	0,60	-	-	-
(B ₁)	-70	0,88	0,74	-	0,60	-	-	-
(B ₂)	-110	1,03	0,87	0,84	0,40	0,28	0,05	0,37
(B ₃)	-120	1,16	0,96	-	0,40	-	0,04	0,51
C ₁	-140	0,98	0,88	-	0,29	-	-	-
C ₂	-200	1,44	1,31	-	0,20	0,11	0,02	0,91
C ₃	-300 ⁺	1,11	0,96	-	0,20	-	-	-
<i>PB1 - Cambissolo</i>								
A ₁	0-7	1,21	0,96	-	0,89	0,05	0,16	0,22
A ₃	-17	1,12	0,86	-	0,86	-	-	-
Canada	20	-	-	-	0,83	-	-	-
II (B ₁)	-30	1,21	0,93	-	0,88	-	-	-
II (B ₂)	-65	1,25	0,93	0,93	0,91	0,01	0,15	0,18
II (B ₃)	-80	1,13	0,87	-	0,96	-	0,08	0,12
II (C ₁)	-150	1,44	1,10	-	0,99	0,03	-	-
II (C ₂)	-200 ⁺	1,88	1,36	-	-	-	0,07	0,13
<i>CJ1 - Cambissolo húmico</i>								
A ₁₁	0-6	0,97	0,75	-	0,71	0,51	0,24	0,53
A ₁₂	-15	0,99	0,72	-	0,64	-	-	-
A ₃	-30	1,42	0,97	-	0,61	-	-	-
(B ₁)	-40	0,68	0,50	-	0,41	-	-	-
(B ₂)	-70	1,47	1,04	0,77	0,31	0,54	0,10	0,65
(B ₃)	-80	1,66	1,20	-	0,29	-	-	-
C ₁	-95	1,30	1,00	-	0,25	0,59	0,05	0,77
C ₂	-135	0,78	0,67	-	0,37	-	-	-
C ₃	-150 ⁺	1,74	1,22	-	0,15	-	0,03	0,50

Quadro 6. Continuação

Horizonte		SiO_2	SiO_2	$\frac{\text{Fe}_t}{\text{Fe}_T}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$	$\frac{\text{Fe}_o}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_d}{\text{Al}_t}$	$\frac{\text{Al}_o}{\text{Al}_d}$
Símbolo	Profundidade cm	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{(\text{Ki})}$	$\frac{\text{R}_2\text{O}_3}{(\text{Kr})}$					
<i>CJ2 - Latossolo</i>								
A ₁₁	0-10	0,78	0,62	-	0,81	-	-	-
A ₁₂	-30	0,84	0,68	-	0,90	0,05	0,15	0,29
A ₃	-40	0,75	0,61	-	0,95	-	-	-
B _{w1}	-60	0,73	0,59	-	0,92	-	-	-
B _{w21}	-90	0,74	0,60	-	0,93	-	-	-
B _{w22}	-120	0,74	0,61	0,94	0,99	0,04	0,11	0,20
II B _{w31}	-170	0,78	0,64	-	0,93	-	-	-
II B _{w32}	-250	0,77	0,62	-	0,97	0,04	0,08	0,09
III C	-450 ⁺	2,20	1,91	-	-	-	-	-
<i>SN1 - Cambissolo</i>								
A ₁	0-10	1,90	1,41	-	0,82	0,27	0,14	0,30
(B ₁)	-30	1,94	1,42	-	0,81	-	-	-
(B ₂₁)	-55	1,87	1,41	-	0,83	-	-	-
(B ₂₂)	-100	1,89	1,43	0,96	0,94	0,23	0,16	0,18
B ₃	-130	1,85	1,41	-	0,88	0,18	0,13	0,13
<i>CS1 - Latossolo câmbico</i>								
A _{p11}	0-10	1,94	1,46	-	0,67	0,15	0,10	0,28
A _{p12}	-25	1,81	1,37	-	0,68	-	-	-
A ₃	-40	1,83	1,37	-	0,69	-	-	-
B _{w1}	-70	1,79	1,36	-	0,75	-	-	-
B _{w2}	-150	1,73	1,35	0,97	0,77	0,03	0,09	0,17
B _{w3}	-180	1,86	1,40	-	0,68	-	-	-
C	-200 ⁺	2,09	1,48	-	0,65	0,03	0,07	0,24

Quadro 6. Continuação

Horizonte		SiO ₂	SiO ₂	Fe _t	Fe _d	Fe _o	Al _d	Al _o
Símbolo	Profundidade cm	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Fe _T	Fe _t	Fe _d	Al _t	Al _d
CS2 - Cambissolo								
A ₁₁	0-16	1,98	1,43	-	0,67	0,21	0,12	0,29
A ₁₂	-43	2,03	1,42	-	0,62	-	-	-
A ₁₃	-60	1,59	1,21	-	0,64	-	-	-
B ₁	-90	1,78	1,34	-	0,66	0,03	0,19	0,12
(B ₂)	-140	1,72	1,26	0,94	0,72	0,02	0,17	0,10
(B ₃)	-260	1,87	1,40	-	0,38	-	-	-
C	-350 ⁺	2,17	1,78	-	0,39	0,04	0,03	0,27
AP1 - Cambissolo húmico								
A ₁₁	0-15	1,75	1,30	-	0,69	0,26	0,12	0,32
A ₁₂	-30	1,74	1,29	-	0,78	-	-	-
A ₁₃	-50	1,66	1,25	-	0,90	-	-	-
(B ₁)	-60	1,68	1,27	-	0,86	0,13	0,09	0,36
(B ₂₁)	-100	1,63	1,25	0,93	0,89	0,04	0,12	0,21
(B ₂₂)	-170	1,47	1,19	-	0,84	-	-	-
(B ₃)	-240	1,49	1,28	-	0,77	-	-	-
C	-350 ⁺	1,73	1,58	-	0,64	0,06	0,08	0,15

incluindo um cambissolo da parte central (PB1). Para os cambissolos das partes setentrional e central (NF1, NF2, AI1 e CJ1), os valores desta relação estão entre 0,76 e 0,84 no horizonte B, o que ratifica um menor grau de evolução para esses solos.

2.2.4. A relação ferro livre (Fe_d)/ferro total (Fe_t)

Utilizando-se esta relação para indicar o grau de evolução dos solos, verifica-se (Quadro 6) que os menores valores encontrados nos horizontes B (0,31 a 0,37) correspondem aos cambissolos mais típicos, estando em nível intermediário os perfis NF1, CS1 e CS2. Para os latossolos (NF3 e CJ2), incluindo os cambissolos (PB1, SN1 e AP1), os valores são mais elevados, estando sempre acima de 0,84, podendo atingir 0,99 no latossolo CJ2, evidenciando um estágio bastante avançado de evolução para esses solos.

2.2.5. A cinética de dissolução do ferro e extração com oxalato de amônio e a relação Fe_o/Fe_d

Examinando-se curvas cumulativas do ferro extraído pelos sucessivos tratamentos ácido-básicos nos solos (Figuras 13 e 14), nota-se duas velocidades de extração diferentes que correspondem à presença de duas formas de produtos ferruginosos:

- a primeira forma corresponde a produtos que apresentam comportamento de substância amorfa, isto é, facilmente extraível. Neste caso, a dissolução é muito rápida e após a terceira ou, no máximo, quarta extração, praticamente todo o material encontra-se dissolvido. Os perfis NF1, NF2, AI1, CJ1 e SN1 apresentam este tipo de produto;

- a segunda forma corresponde a produtos que apresentam uma dissolução mais lenta, linear, onde deve-se atin-

gir um número mais elevado de extrações (7 ou 8) para se obter a dissolução completa do material. Neste caso, é evidente que se trata de formas mais cristalinas. Os perfis NF3, CJ2, PB1, CS1, CS2 e AP1 apresentam este tipo de produto de melhor cristalinidade.

Observa-se, portanto, que a forma facilmente extraível ou amorfa é encontrada nos cambissolos, principalmente nos perfis mais típicos (NF2, A11 e CJ1), muito embora ela ocorra no SN1 e NF1 (cambissolo latossólico), porém com valores mais baixos. É possível que tais produtos amorfos sejam simplesmente representados por formas criptocristalinas, comportando-se porém como tal, quando extraídas por reagentes químicos fortes (QUANTIN et LAMOUROUX, 1974).

No entanto, os elevados teores em ferro extraídos pelo oxalato de amônio parecem indicar, efetivamente, que tais produtos sejam amorfos, do tipo ferrihidrita de SCHWERTMANN et alii (1982) e que estariam em proporções significativas nos cambissolos da área estudada.

Utilizando-se, como medida do grau de cristalinidade dos óxidos de ferro, o quociente Fe_O/Fe_d , os valores $< 0,05$ correspondem à formas de melhor cristalinidade (KAMPF & DICK, 1984), observa-se que, nos Cambissolos, os valores estão em torno de 0,28 a 0,68 no horizonte (B_2), confirmando, portanto, a presença de produtos de baixa cristalinidade nestes solos.

Nos outros perfis, muito embora as formas das curvas de dissolução cumulativa tenham aspectos ligeiramente diferentes (Figuras 13 e 14), o quociente da relação Fe_O/Fe_d para os perfis NF3, PB1, CJ2, CS1, CS2 e AP1 apresenta-se bastante homogêneo, com valores no B_2 sempre inferiores a 0,05, e que indica a presença de formas com alto índice de cristalinidade.

Dessa maneira, os latossolos estudados são caracterizados por formas bem cristalizadas de ferro, muito embora o mesmo aconteça com alguns cambissolos mais evoluídos, principal

Figura 13 - Curvas cumulativas de dissolução do ferro por sucessivos tratamentos ácido-básicos, em horizontes selecionados dos perfis NF1, NF2, NF3, AI1 e PB1.

Figura 14 - Curvas cumulativas de dissolução do ferro por sucessivos tratamentos ácido-básicos, em horizontes selecionados dos perfis CJ1, CJ2, SN1, CS1, CS2 e AP1.

mente da parte meridional da região estudada.

Os valores mais elevados desta relação para os horizontes superficiais de quase todos os solos, indicam a presença de Fe complexado pela matéria orgânica, retardando assim sua cristalização (SCHWERTMANN, 1966).

2.2.6. Alumínio livre (Al_d), extraível pelo oxalato de amônio (Al_o) e suas relações

Os valores encontrados para Al_d e Al_o encontram-se no Quadro 5.

A relação Al_d/Al_t (Quadro 6) apresenta valores bastante uniformes (0,07 e 0,16) para o horizonte B dos solos estudados, indicando que não existe uma correlação entre os mesmos e os diferentes tipos de solos.

Por outro lado, a relação Al_o/Al_d (Quadro 6) apresenta uma certa correlação entre os solos. Valores compreendidos entre 0,40 e 0,65 correspondem aos cambissolos NF2, A11, CJ1, e ao cambissolo latossólico (NF1). Para os latossolos de toda a região estudada e cambissolos da parte meridional, incluindo o PB1 da parte central, os valores são bem mais baixos, colocando-se entre 0,10 e 0,18.

2.2.7. Resumo

Pelos dados analíticos expostos e comentados, pode-se destacar os seguintes pontos de interesse relevante para a pesquisa:

- os teores de SiO_2 e Al_2O_3 , obtidos pelo ataque sulfúrico, apresentam uma certa repartição dentro da área estuda-

da, encontrando-se relacionados aos teores da fração argila;

- os solos estudados apresentam, de uma maneira geral, valores de K_i inferiores a 1,89, não havendo uma correlação entre este parâmetro e os tipos de solos. Entretanto, pode-se observar que existe uma nítida tendência de aumento dos valores desta relação, para os solos da parte meridional da área estudada;

- os cambissolos (NF1, NF2, AI1 e CJ1), das partes setentrional e central da região, apresentam valores médios para a relação Fe_t/Fe_T , indicando a presença de uma certa reserva de minerais primários, contendo ferro na sua estrutura;

- a relação Fe_d/Fe_t não pode, na área estudada, ser aplicada para discriminar o grau de evolução dos solos intermediários, pois seus valores permitem somente a separação dos solos típicos;

- a presença de compostos de ferro de baixa cristalinidade ou amorfos, definida através das curvas cumulativas (Figuras 13 e 14) e relação Fe_o/Fe_d (Quadro 6), é altamente significativa nos cambissolos (NF2, AI1 e CJ1), embora ocorra em menor quantidade, no SN1 e NF1 (cambissolo latossólico). Nos outros solos da região, cambissolos da parte meridional e latossolos, os produtos ferruginosos encontram-se bem cristalizados; e

- os valores da relação Al_o/Al_d são elevados nos cambissolos NF2, AI1, CJ1 e NF1, caracterizando, provavelmente, uma forma de alumínio de baixa cristalinidade. Nos demais solos da região, e em especial os da parte meridional, os valores são geralmente muito baixos, indicando a presença de formas cristalinas.

2.3. A Matéria Orgânica

Nas regiões onde o intemperismo químico das ro-

chas é muito intenso, os solos apresentam-se fortemente lixiviados devido a elevada pluviosidade. Sob estas condições, as reservas de nutrientes encontram-se, em quase sua totalidade, concentradas na fração orgânica e não na mineral.

Os solos da região estudada são cobertos por densas florestas, que fornecem uma grande quantidade de resíduos vegetais (littera) ao solo. O clima, por sua vez, tropical de altitude tendendo para subtropical, retarda bastante a mineralização da matéria orgânica, sendo, portanto, os solos geralmente ricos em húmus.

A natureza e o comportamento desses húmus, numa região tão importante do Brasil, não têm sido alvo de maiores estudos, destacando-se apenas trabalhos pontuais executados por VOLKOFF & CERRI (1978), CERRI (1979), CERRI et alii (1982) e MODENESI et alii (1982).

Neste trabalho, visa-se contribuir para o conhecimento dos diversos constituintes do húmus em si, bem como suas relações com as propriedades físicas, químicas e mineralógicas, que se refletem na morfologia e, conseqüentemente, na gênese dos solos.

2.3.1. Distribuição do carbono e relação C/N nos perfis

Os teores de matéria orgânica (Quadro 7) são bastante elevados em quase todos os solos estudados, e diminuem rapidamente com a profundidade dos mesmos (Figuras 15 a 18). Os maiores valores correspondem aos cambissolos A11 e CJ1, que ocupam posições elevadas na topografia, próximas de 2,000 metros e sob vegetação florestal. Em ambos os perfis, ocorre uma littera de 8 a 10 cm de espessura, que corresponde a uma camada de restos vegetais em decomposição, possuindo aproximadamente 22% de C no A11 e 25% no CJ1. Nestes perfis, o carbono total atinge cerca de 10,5% no subhorizonte A₁₁, decrescendo, progressivamente, até uma profundi-

dade de 40 cm, onde os valores estão em torno de 3,8% no A11 e 2,9% no CJ1. A partir daí, esses valores decrescem rapidamente em profundidade. A 110 cm, existe aproximadamente 1,23% no A11 e a 70 cm, apenas 1,78% no CJ1. Neste último perfil, existe uma acumulação absoluta de carbono no horizonte A₃ (6,9%), indicando que houve uma migração de produtos húmicos proveniente dos horizontes sobrejacentes. Tudo indica que esta acumulação foi causada por um processo de podzolização incipiente, encontrada em solos semelhantes que ocorrem na região, principalmente os de textura menos argilosa.

Em outro cambissolo (PB1), que ocorre no mesmo nível altimétrico, porém sob vegetação de campo, a quantidade de matéria orgânica é bem menor e com valores de 2,8% de carbono orgânico no A₁ e 2,3% no A₃. A partir deste horizonte, estes valores decrescem rapidamente e, a 65 cm, o teor de carbono orgânico é de apenas 0,6%.

Todos os solos pertencentes à parte meridional (SN1, CS1, CS2 e AP1) e os latossolos NF3 (setentrional) e CJ2 (central) apresentam teores médios a elevados de matéria orgânica, cujos valores, expressos em carbono orgânico, estão entre 4 e 6% nos horizontes de superfície (Quadro 7). Estes valores decrescem progressivamente até 50 a 80 cm; a partir desta profundidade, eles baixam rapidamente para valores inferiores a 1% de carbono orgânico. Apenas o perfil NF3 apresenta uma distribuição mais uniforme (isohúmica), pois a 95 cm de profundidade, o conteúdo de carbono orgânico é de 2%.

Os perfis NF1 e NF2, situados na parte setentrional, são os que apresentam as menores quantidades de matéria orgânica. Seus valores, expressos em percentagem de carbono orgânico, estão em torno de 3% no horizonte A₁, decrescendo rapidamente com a profundidade. No entanto, observa-se que a distribuição da matéria orgânica é mais uniforme no perfil NF1 (Figura 15).

Foi verificado que, nas condições climáticas da região estudada, a matéria orgânica encontra-se bastante humificada

Figura 15 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis NF1, NF2 e NF3 (1) matéria orgânica leve; (2) ác.fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác.húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác.fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác.húmicos extraídos pela soda; (7) ác.fúlvicos extraídos pela soda; e (8) ac.húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separados.

Figura 16 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis AI1 e PB1: (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; e (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda.

Figura 17 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis CJ1, CJ2 e SN1: (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina; (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda; (8) ác. húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separados.

Figura 18 - Distribuição dos teores em carbono das frações do húmus nos horizontes sucessivos dos perfis CS1, CS2 e AP1: (1) matéria orgânica leve; (2) ác. fúlvicos livres; (3) humina, (4) ác. húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (5) ác. fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio; (6) ác. húmicos extraídos pela soda; (7) ác. fúlvicos extraídos pela soda; e (8) ác. húmicos e fúlvicos extraídos pela soda, não separados.

da, apresentando uma relação C/N em torno de 14 a 18 (Quadro 7), para a maior parte dos solos estudados. Alguns valores mais elevados foram observados nos primeiros centímetros da camada superficial de certos solos. Os perfis AI1 e CJ2 foram os que apresentaram os menores valores para essa relação.

Os valores obtidos para a relação C/N estão representados graficamente nas Figuras 15 a 18 e são considerados elevados, quando comparados com outros dados encontrados em pesquisas anteriores realizadas na região (BRASIL, 1960; e OLIVEIRA et alii, 1975). Este fato pode ser explicado, pois os valores obtidos nesta pesquisa (por via seca) são superiores aos determinados pela metodologia clássica para dosagem do carbono orgânico nos solos.

2.3.2. Distribuição e composição de húmus

O fracionamento da matéria orgânica (Quadro 7) mostrou que a matéria leve está presente em pequenas quantidades nos perfis AI1, SN1, CS2 e AP1. Menos de 1% de carbono total corresponde a esta fração, o que indica que a matéria orgânica está bastante humificada. Nos outros solos da região, estes valores são ligeiramente superiores e estão entre 1,4 e 4,3%, indicando que ainda existe uma pequena fração que não foi mineralizada.

Com relação às outras frações do húmus, observa-se que, de maneira global e simplificada, a composição da matéria orgânica dos solos da região apresenta-se bastante uniforme. Assim, todos os solos apresentam uma certa proporção de ácidos fúlvicos livres de grande mobilidade, e pouca humina. Com relação aos produtos alcalino-solúveis (ácidos húmicos e fúlvicos extraídos pela soda e pirofosfato), existe uma certa variação entre os perfis estudados.

As diversas frações do húmus (expressas em % de carbono) encontram-se no Quadro 7, e estão graficamente represen-

tadas nas Figuras 15 a 18.

A observação conjunta desses dados permite apresentar um esquema geral da constituição do húmus dos solos da região. Assim, tem-se no horizonte de superfície (A_{11} ou A_1), um húmus pobre em ácidos fúlvicos livres (15 a 25% do carbono total). Estes valores aumentam consideravelmente em profundidade, alcançando o valor mais elevado para essa fração no horizonte (B_{22}) do perfil NF1 (65% do carbono total). Este aumento em profundidade pode ser explicado pela fácil mobilidade dessa fração do húmus, principalmente nos solos bem drenados e de textura mais arenosa, como foi observado nos perfis NF1 e NF2.

Com relação a humina, constata-se que o máximo de concentração desta fração encontra-se no húmus da camada mais superficial de todos os perfis, atingindo valores de cerca de 70% do carbono total. Explica-se este máximo, pela provável presença nesta camada de uma humina herdada, que é formada diretamente a partir da matéria orgânica fresca. Ao contrário dos ácidos fúlvicos livres, a humina decresce em profundidade, sendo representada por 20 a 40% do carbono total no horizonte B dos solos. Observa-se, em alguns casos, que os menores valores para esta fração, encontram-se na altura dos horizontes A_3/B_1 , com valores mínimos de cerca de 10% do carbono total. Este fato, pode ser explicado pelo aumento absoluto das frações alcalino-solúveis nestes horizontes.

As frações alcalino-solúveis (ácidos húmicos e fúlvicos extraídos pela soda e pirofosfato) estão bem representadas no húmus da superfície dos solos, chegando até 50% do carbono total (Quadro 7). Normalmente seus valores decrescem em profundidade, atingindo no horizonte B_2 dos solos, valores de 20 a 30% do carbono total. Observa-se, entretanto, que nem sempre o máximo constatado encontra-se na superfície. Devido a fraca polimerização (pequenas moléculas) desses compostos, em determinadas situações, eles podem migrar e constituir acumulações nos horizontes subsuperficiais. Este fato pode muito bem ser observado nos perfis AI1, PB1, CJ1, CJ2, SN1, CS1, CS2 e AP1, constituindo-se por-

Quadro 7 - Fracionamento da matéria orgânica. Carbono total, Nitrogênio e Relação C/N

Horizonte Símbolo	Profundidade cm	Ac.		Pirofosfato		Soda		Humina	Σ	C Total	N	C/N
		Nat. Org.	Fulv.	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.					
		Leve	Livre	Húmico	Fúlvico	Húmico	Fúlvico					
0/00												
NF1 - Cambissolo latossólico												
A ₁	0-12	0,39	6,07	3,74	2,72	1,55	2,98	9,90	27,35	2,96	0,21	14
A ₃	-22	0,12	5,82	2,69	2,09	0,77	2,26	6,68	20,43	2,10	0,14	15
(B ₁)	-43	0,05	4,88	1,19	1,65	0,53	0,92	3,08	12,30	1,26	0,09	14
(B ₂₁)	-84	0,02	5,56	0,19	1,00	0,40	0,27	1,44	8,89	1,08	0,07	15
(B ₂₂)	-130	0,03	4,32	0,38	0,30		0,24	0,83	6,12	0,64	0,04	13
NF2 - Cambissolo												
A ₁	0-5	1,32	6,50	1,94	2,67	1,84	3,93	12,63	30,83	3,26	0,15	22
(B ₁)	-20	0,07	5,78	0,64	1,38	0,08	1,51	3,21	12,67	1,27	0,09	14
(B ₂)	-40	0,06	5,85	0,51	1,69	0,08	0,86	1,61	10,66	1,12	0,07	16
(B ₃)	-70	0,05	5,15	0,57	0,55	0,47	0,47	1,49	8,77	0,90	0,06	15
NF3 - Latossolo húmico												
A ₁	0-30	1,24	7,90	7,33	5,31	2,40	6,32	23,21	53,71	5,99	0,35	17
A ₃	-95	0,11	5,42	1,63	2,72	0,04	2,14	8,61	20,66	2,04	0,13	16
B _{W1}	-130	0,03	3,01	0,34	1,00	0,69	0,10	2,77	7,74	0,84	0,06	14
B _{W21}	-210	0,02	2,29	0,28	0,55		0,42	1,92	5,49	0,55	0,05	11
AI1 - Cambissolo húmico												
A ₁₁	0-20	0,63	26,69	8,20	8,27	5,39	7,20	118,56	174,31	10,52	0,72	16
A ₁₂	-40	0,047	12,57	3,44	3,62	6,64	3,39	29,43	59,14	5,69	0,48	12
A ₃	-55	0,020	9,37	2,78	3,49	6,79	1,92	12,57	36,94	3,80	0,32	12
(B ₁)	-70	-	7,62	0,641	2,20	3,53	3,40	9,86	27,25	2,46	0,21	12
(B ₂)	-110	-	4,05	0,016	1,41	0,769	0,661	3,69	10,60	1,23	0,10	12
PB1 - Cambissolo												
A ₁	0-7	0,398	2,21	2,46	2,29	2,62	2,48	17,11	29,56	2,79	0,18	5
A ₃	-20	0,089	4,70	0,923	2,29	1,23	1,94	9,84	21,01	2,30	0,16	14
(B ₁)	-30	-	3,98	0,223	1,82	0,941	0,139	3,97	11,128	1,09	0,08	14
(B ₂)	-65	-	2,34	-	0,697	-	0,066	1,80	4,90	0,58	0,05	12
CJ1 - Cambissolo húmico												
A ₁₁	0-6	0,37	19,74	19,79	8,74	8,00	9,60	32,95	98,38	10,48	0,62	17
A ₁₂	-15	-	14,62	7,27	9,82	4,07	4,93	12,57	53,28	5,11	0,32	16
A ₃	-30	-	19,23	6,75	6,43	4,54	6,97	19,96	63,88	6,88	0,42	16
(B ₁)	-40	-	13,54	1,26	4,08	1,35	1,38	5,78	27,39	2,91	0,20	15
(B ₂)	-70	-	9,26	1,47	0,53	0,432	0,708	1,56	13,96	1,61	0,11	15

Quadro 7. Continuação

Horizonte		Ac.		Pirofosfato		Soda		C	C Total	N	C/N	
Símbolo	Profundidade cm	Nat. Org. Leve	Fulv. Livre	Ac. Húmico	Ac. Fúlvico	Ac. Húmico	Ac. Fúlvico					Humina
CJ2 - Latossolo												
A ₁₁	0-10	1,10	5,47	3,43	4,00	1,30	2,15	20,00	37,45	3,72	0,28	15
A ₁₂	-30	0,327	6,09	2,61	3,41	1,61	2,62	9,60	26,32	2,64	0,22	12
A ₃	-40	0,088	4,54	0,889	2,12	0,369	1,83	5,90	15,73	1,51	0,15	10
B _{w1}	-60	0,147	3,90	0,410	1,94	0,282	1,58	2,71	10,97	1,08	0,11	10
B _{w21}	-90	0,151	4,42	0,314	1,48	0,206	0,934	1,73	9,23	0,87	0,10	9
SN1 - Cambissolo												
A ₁	0-10	0,059	3,49	6,24	2,80	5,70	5,70	45,40	69,38	5,21	0,32	14
(B ₁)	-30	0,552	5,13	6,01	4,81	4,54	2,39	14,61	38,05	3,39	0,30	11
(B ₂₁)	-55	-	5,35	0,806	4,41	0,921	2,10	7,22	20,81	2,24	0,21	11
(B ₂₂)	-100	0,034	3,35	0,233	0,897	0,165	1,27	3,43	9,38	0,95	0,10	10
CS1 - Latossolo oâmbico												
A _{p11}	0-10	1,14	5,18	3,13	3,61	0,98	4,09	37,28	55,51	5,73	0,30	19
A _{p12}	-26	0,18	6,45	1,35	3,01	0,94	3,67	15,03	30,64	3,02	0,21	14
A ₃	-40	0,07	6,59	0,62	2,31	0,21	1,99	8,15	19,95	1,95	0,14	14
B _{w1}	-70	0,04	5,42	0,29	1,44	0,62	1,47	5,86	15,14	1,47	0,11	13
B _{w2}	-150	0,02	1,82	0,20	0,60	0,43		2,51	5,59	0,57	0,07	8
CS2 - Cambissolo												
A ₁₁	0-16	0,21	8,36	2,67	3,38	5,27	1,57	29,51	50,97	5,05	0,31	16
A ₁₂	-43	0,05	8,60	1,62	3,02	1,68	3,18	16,11	34,26	3,32	0,21	16
A ₁₃	-60	0,07	8,30	1,67	2,83	1,64	3,90	8,51	26,93	2,89	0,17	17
(B ₁)	-87	0,06	3,11	0,14	0,80	0,17	1,44	5,11	10,85	1,28	0,09	14
(B ₂)	-140	0,04	2,43	0,15	0,38	0,11	0,53	2,79	6,44	0,71	0,05	14
AP1 - Cambissolo húmico												
A ₁₁	0-15	0,526	8,92	17,50	-	2,51	5,00	28,32	62,85	6,35	0,35	18
A ₁₂	-30	0,102	9,68	5,21	11,04	2,30	3,36	2,22	33,91	4,19	0,25	17
A ₁₃	-50	0,169	11,77	5,21	11,31	1,69	2,54	3,39	36,07	3,31	0,21	16
(B ₁)	-60	0,025	7,52	1,01	2,85	0,565	1,72	7,39	21,08	1,69	0,11	15
(B ₂₁)	-100	0,011	3,98	0,554	0,876	0,228	0,619	3,98	10,25	1,05	0,08	14

tanto, num fenômeno praticamente comum a todos os solos da região estudada.

2.3.3. Resumo

Nestas condições de clima frio de altitude e de umidade elevada, onde o meio é bastante dessaturado, forma-se normalmente nos solos uma camada húmífera espessa, responsável pela maior parte da reserva de nutrientes dos solos.

A natureza dos produtos húmíferos e sua distribuição nos perfis são consequência de um processo de humificação importante. Sob as condições climáticas da região, formam-se ácidos orgânicos de pequeno peso molecular (pouco polimerizado) que são passíveis de migrar e desempenhar um papel importante nos processos pedogeoquímicos.

Pelos dados apresentados, verifica-se que não existe uma relação estreita entre a natureza do húmus, tipos de solos e os diversos setores da região. O que simplesmente ocorre são variações quantitativas na composição do húmus que estão mais relacionadas com o tipo de cobertura vegetal.

3. ANÁLISES MINERALÓGICAS

3.1. Mineralogia da Fração Argila ($< 2\mu\text{m}$)

A fração argila foi analisada inicialmente, após a eliminação do ferro livre, o que permitiu uma melhor identificação dos argilo-minerais e gibbsita. Por outro lado, para uma melhor caracterização dos óxidos e hidróxidos de ferro, processou-se a eliminação dos argilo-minerais.

3.1.1. Os argilo-minerais e hidróxidos de alumínio

Após a identificação e quantificação dos diversos minerais contidos na fração argila, através da difração de raios X, microscopia eletrônica de transmissão, ATD e K_2O total (para as micas), elaborou-se o Quadro 8, onde estão assinalados os valores percentuais dos diferentes minerais que constituem as subfrações argila fina e grossa.

A análise conjunta desse quadro e dos diversos difratogramas obtidos permite ressaltar os seguintes pontos:

a) *Gibbsita e caulinita*

- Os cambissolos das partes setentrional e central, representados pelos perfis NF1, AIL, CJ1 e NF1, este último intermediário para latossolo, apresentam teores em gibbsita bem mais elevados que os de caulinita.

Os difratogramas (Figuras 19 a 22) de raios X evidenciam que a gibbsita, bem cristalizada, está presente desde o início da alteração e encontra-se predominantemente contida na fração argila grossa. Seus teores são mais ou menos constantes ao longo do perfil. A caulinita apresenta um baixo grau de cristalinidade, com teores sempre baixos, que aumentam da base para o topo, onde parece existir um grau mais elevado de cristalinidade. Ao contrário da gibbsita, a caulinita concentra-se preferencialmente na fração argila fina.

- Os latossolos das partes setentrional e central, representados pelos perfis NF3 e CJ2 e o cambissolo PB1 da parte central da área estudada, ao contrário dos solos anteriores, são bem mais cauliniticos, apresentando teores em caulinita muito mais importantes que os de gibbsita (Figura 23 a 25), com exceção do perfil CJ2, onde estes teores são comparáveis. Nestes solos, a exemplo dos solos anteriormente tratados, a gibbsita se concentra na fração argila grossa, enquanto que a caulinita está

Quadro 8 - Dados semi-quantitativos da caulinita, gibbsita e mica^(*), e estimativa dos outros minerais da fração argila fina e grossa, dos horizontes B₂ dos solos estudados

Perfil	Caulinita		Gibbsita		Mica	Mi - Ve		Ve	
	AF	AG	AF	AG	AF + AG	AF	AG	AF	AG
NF1	8	2	25	20	12	b	m	b	m
NF2	2	8	5	36	23	m	m	b	m
NF3	25	30	8	10	-	-	-	-	-
AI1	5	15	10	25	18	b	m	-	-
PB1	15	22	5	7	20	b	-	-	-
CJ1	5	4	10	30	27	b	a	b	b
CJ2	20	10	15	10	2	-	-	-	-
SN1	25	15	5	7	5	-	b	a	m
CS1	25	30	2	5	2	-	-	b	b
CS2	20	35	2	3	2	-	-	a	a
AP1	25	15	5	3	9	-	b	a	a

Legenda

AF - Argila fina (< 0,2 μ m)

AG - Argila grossa (2 - 0,2 μ m)

Mica^(*) - Os valores obtidos para a mica (% de K₂O x 10) estão superestimados devido à contribuição do K₂O extraído do folheto da mica que faz parte dos interestratificados Mi - Ve.

Mi - Ve - (interestratificado regular mica/vermiculita com Al interlamelar)

V - (vermiculita com Al interlamelar)

Os minerais Mi - Ve e Ve, foram estimados pela intensidade de seus picos: (-) ausente; (b) baixa; (m) média; e (a) alta.

preferencialmente concentrada na argila fina.

- Os cambissolos da parte meridional, representados pelos perfis SN1, CS2 e AP1 e mais o latossolo câmbico CS1, constituem um outro conjunto sob o ponto de vista mineralógico. O exame dos difratogramas (Figuras 26 a 29) revela uma predominância absoluta de caulinita com gibbsita bastante subordinada. Quanto à cristalinidade, comparações destas caulinitas com padrões de alto grau de cristalinidade evidenciaram tratar-se de material bastante desorganizado. A análise dos termogramas (Figura 30), onde se nota a presença de um importante pico endotérmico a 110°C , sugere a presença de argilo-mineral 1:1, do tipo haloisita $-2\text{H}_2\text{O}$, entretanto, a análise por microscopia eletrônica de transmissão mostrou tratar-se de uma caulinita desordenada, afastando a possibilidade da haloisita.

Examinando-se estes três conjuntos de solos, pode-se observar que nos cambissolos das partes setentrional e central, face a posição que eles ocupam na paisagem, preferencialmente nas partes mais altas e mais íngremes da topografia, tem-se um intenso fluxo de soluções alterantes. Assim, desde os estágios iniciais de alteração, há uma completa dessilicificação e desalcalinização dos silicatos primários, em especial, os feldspatos, que evoluem rapidamente para formação de gibbsita. Tem-se, portanto, uma hidrólise total dos minerais e *alutização* da rocha, com um $K_i = 1$ (HARRASSOWITZ, 1926). A caulinita, sempre subordinada, tem seu aumento de teor em direção à superfície, explicado por uma ressilicificação provocada, seja pela reciclagem de sílica e instabilização das gibbsitas pela matéria orgânica, ou simplesmente por aporte lateral de sílica, provocada pela alteração das rochas em posição topográfica mais elevadas.

Os cambissolos da parte meridional da área estudada apresentam uma caulinitização importante decorrente da atuação de um mecanismo hidrolítico, que devido a um menor fluxo de soluções decorrente de condições menos pronunciadas de relevo, possibilitam uma dessilicificação parcial, ainda que a desalcalinização tenha sido total.

b) *Micas e seus pseudomorfos*

A presença de mica, especialmente de biotita, em diversos estágios de evolução, evidencia um estágio de alteração incompleto de alguns dos solos estudados.

A quantidade de mica encontra-se representada no Quadro 8. Verifica-se que os valores mais elevados (12 - 27%) estão relacionados com os perfis NF1, NF2, AI1, CJ1 e PB1, todos cambissolos da parte setentrional e central da área em estudo. A muscovita é bastante representada no perfil PB1 (Figura 25) e ocorre em menor proporção no perfil AP1 (Figura 28), enquanto, nos demais, a biotita é o mineral micáceo presente.

Nos latossolos das partes setentrional e central, as percentagens de mica da fração argila são baixas no perfil CJ2 (2%) e inexistem no NF3.

Nos solos da parte meridional da área, os valores são baixos (2%) nos perfis desenvolvidos de rochas gnáissicas e, médios (5 a 9%) nos perfis sobre xistos e filitos.

A mica identificada nestes solos ácidos é residual e certamente herdada do material de origem durante o ciclo pedogenético.

Os interestratificados regulares do tipo mica-vermiculita com Al interlamelar foram observados principalmente nos cambissolos das partes setentrional e central. Este tipo de mineral de camada mista parece constituir um estágio intermediário de transformação da biotita em vermiculita. O ambiente ácido e rico em gibbsita favorece a precipitação de hidróxido de alumínio entre as lamelas da vermiculita que está sendo formada (JACKSON, 1964), retardando, dessa maneira, que a camada mista de biotita-vermiculita Al evolua no sentido da vermiculita Al. Assim, sob estas condições, esses interestratificados permanecem por um certo tempo nos solos.

Figura 19 - Difratoigramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil NF2, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B_2), saturada com Mg^{++} -25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^+ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 20 - Difratoigramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil A11, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺-25°C, Mg⁺⁺- Etileno Glicol, saturada com K⁺- 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 21 - Difratoqramas de raiox X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CJ1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺ - 25°C, Mg⁺⁺ - Etileno Glicol, saturada com K⁺ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 22 - Difratoigramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil NF1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂₂), saturada com Mg⁺⁺ - 25°C, Mg⁺⁺ - Etileno Glicol, saturada com K⁺ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 23 - Difrato gramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil NF3, da argila fina (AF) e argila grossa (AG).

Figura 24 - Difrato gramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CJ2, a. argila fina, b. argila grossa.

Figura 25 - Difrato gramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil PBl, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺-25°C, Mg⁺⁺- Etileno Glicol, saturada com K⁺ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 26 - Difrátogramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil SN1, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B₂₂), saturada com Mg⁺⁺ - 25°C, Mg⁺⁺ - Etileno Glicol, saturada com K⁺ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 27 - Difratoigramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CS2, a. argila grossa, b. argila fina, c. argila fina do horizonte (B₂), saturada com Mg⁺⁺-25°C, Mg⁺⁺ - Etileno Glicol, saturada com K⁺ - 25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C.

Figura 28 - Difrátogramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil AP1, a. argila fina, b. argila grossa, c. argila grossa do horizonte (B₂), saturada com Mg^{++} - 25°C, Mg^{++} -Etileno Glicol, saturada com K^{+} -25°C, aquecida a 110°C, 220°C, 350°C e 550°C, d. tratada com citrato de sódio.

Figura 29 - Difratoigramas de raios X de amostras deferrificadas dos diversos horizontes do perfil CS1, a. argila fina, b. argila grossa.

Figura 30 - Análise térmica diferencial da argila fina (AF) e argila grossa (AG) de horizontes B dos diversos solos estudados.

te um tempo muito maior, levando os feldspatos a se caulinizarem e os minerais de estruturas 2:1 (micas) evoluírem para uma fase de vermiculita com Al interlamelar, que corresponde à dessilicificação média ou "caulinização" de JACKSON (1964), com presença de vermiculita-Al secundária.

A identificação precisa dessa vermiculita com Al interlamelar foi executada segundo técnicas descritas por ROBERT (1975). Após a extração do alumínio interlamelar pelo citrato de sódio, esse mineral volta a comportar-se como uma verdadeira vermiculita, pois quando saturada com K^+ e aquecida a $110^\circ C$ apresenta um deslocamento de 14 para $10\text{\AA}$ (Figura 28d).

3.1.2. Óxidos e hidróxidos de ferro

Nas amostras tratadas pelo NaOH 2N, a goethita e hematita foram evidenciadas pela eliminação dos argilo-minerais e concentração dos oxihidróxidos de ferro (Figura 31). Os teores de goethita e hematita calculados em relação ao ferro livre (Fe_d), segundo KÄMPF & SCHWERTMANN (1982), estão no Quadro 9.

A partir de sua análise, verifica-se que em todos os solos estudados, a goethita é o composto de ferro cristalizado amplamente dominante.

Nos solos NF1, NF2, AI1, CJ1, SN1, CS1 e AP1, a goethita é praticamente exclusiva em todos os horizontes. Constata-se, assim, uma perfeita correlação entre a cor dos solos e a natureza dos produtos ferruginosos presentes. Portanto, a goethita confere a estes solos a coloração bruno-amarelada, amarelo-brunada a bruno, com matizes de 10YR e 7,5YR, ratificando o que foi dito por RESENDE (1976), VOLKOFF (1978) e KÄMPF & SCHWERTMANN (1983b).

Nos perfis NF3, PB1 e CS2, a goethita é acompanhada de um pouco de hematita (0,6 a 1%), neste caso, os solos já apresentam tonalidades avermelhadas, onde as cores variam desde amare-

Figura 31 - Difratomogramas de raios X da fração argila, em amostras não orientadas, dos perfis AI₁ e CJ₂, após tratamento com NaOH 2N. An: anatásio; Gt: goethita; Ht: hematita; e Qt: quartzo.

Quadro 9 - teores de goethita e hematita em horizontes selecionados dos solos estudados e cor úmida

Horizonte								
Símbolo	Profundidade cm	$I_{110}/I_{110} + I_{012}(1)$	Fe_d	$Fe_{Gt}^{(2)}$	$Fe_{Ht}^{(3)}$	Goethita ⁽⁴⁾	Hematita ⁽⁵⁾	Cor Úmida
<i>NF1 - Cambissolo latossólico</i>								
A ₁₁	0- 12	1,00	2,80	2,80	0	4,5	0	10YR 3/3
(B ₂₂)	84-130	1,00	4,00	4,00	0	6,4	0	10YR 5/6
C	155-170	1,00	6,80	6,80	0	10,8	0	7,5YR 5/6
<i>NF2 - Cambissolo</i>								
A ₁	0- 5	0,91	1,80	1,64	0,16	2,6	0,2	10YR 4/2
(B ₂)	20- 40	1,00	2,32	2,32	0	3,7	0	10YR 5/6
C	70-150	1,00	2,42	2,42	0	3,9	0	7,5YR 5,5/6
<i>NF3 - Latossolo húmico</i>								
A ₁	0- 30	1,00	5,34	5,34	0	8,5	0	7,5YR 8,5/2
B _{w22}	210-275	0,92	7,80	7,18	0,62	11,4	0,9	5YR 5/8
C	500-560	0,81	8,84	7,16	1,68	11,4	2,4	2,5YR 5/6
<i>A11 - Cambissolo húmico</i>								
A ₁₁	0- 20	1,00	4,85	4,85	0	7,7	0	10YR 3/3
(B ₂)	70-110	1,00	3,45	3,45	0	5,5	0	10YR 6/6
(B ₃)	110-120	1,00	3,40	3,40	0	5,4	0	10YR 6/4
C ₁	180-140	1,00	1,20	1,20	0	1,9	0	-
<i>PB1 - Cambissolo</i>								
A ₁	0- 77	1,00	4,19	4,19	0	6,7	0	10YR 5/4
II(B ₁)	20- 30	1,00	6,70	6,70	0	10,7	0	10YR 6/6
II(B ₂)	30- 65	0,90	7,31	6,58	0,73	10,5	1	7,5YR 6/6
II C ₁	80-150	0,77	7,20	5,54	1,66	8,8	2,4	10R 5/6
<i>CJ1 - Cambissolo húmico</i>								
A ₁₂	6- 15	1,00	4,60	4,60	0	7,3	0	10YR 3/2
(B ₂)	40- 70	1,00	3,40	3,40	0	5,4	0	10YR 5/6
C	80- 95	1,00	2,00	2,00	0	3,2	0	10YR 7/6

(1) Razão da intensidade dos reflexos da goethita (110) e hematita (012); (2) Valor da razão obtida multiplicada pelo teor de Fe_d ; (3) Diferença entre Fe_d e Fe_{Gt} ; (4) $Fe_{Gt} \times 1,59 = \% FeOOH$; (5) $Fe_{Ht} \times 1,43 = \% Fe_2O_3$.

Quadro 9. Continuação

Horizonte		I ₁₁₀ /I ₁₁₀ + I ₀₁₂ (1)	Fe _d	Fe _{Gt} ⁽²⁾	Fe _{Ht} ⁽³⁾	Goethita ⁽⁴⁾	Hematita ⁽⁵⁾	Cor Úmida
Símbolo	Profundidade cm							
A11 - Cambissolo húmico								
A ₁₁	0- 20	1,00	4,85	4,85	0	7,7	0	10YR 3/3
(B ₂)	70-110	1,00	3,45	3,45	0	5,5	0	10YR 6/6
(B ₃)	110-120	1,00	3,40	3,40	0	5,4	0	10YR 6/4
C ₁	180-140	1,00	1,20	1,20	0	1,9	0	-
SN1 - Cambissolo								
A ₁	0- 10	1,00	3,20	3,20	0	5,1	0	10YR 3/3
(B ₂₂)	55-100	1,00	4,42	4,42	0	7,0	0	10YR 6/6
(B ₃)	100-130	1,00	5,30	5,30	0	8,4	0	10YR 7/6
CS1 - Latossolo câmbico								
A _{p11}	0- 10	0,89	5,52	4,91	0,61	7,8	0,9	10YR 3/2
A ₃	25- 40	1,00	7,08	7,08	0	11,3	0	10YR 4,5/4
B _{w2}	70-150	1,00	7,81	7,81	0	12,4	0	10YR 6/8
C	180-200	0,91	9,85	8,96	0,89	14,3	1,3	7,5YR 6/8
CS2 - Cambissolo								
A ₁₁	0- 16	1,00	6,07	6,07	0	9,7	0	10YR 3/3
(B ₂)	90-140	0,95	9,78	8,83	0,95	14,0	1,4	7,5YR 6/6
(B ₃)	140-260	0,92	5,26	4,84	0,42	7,7	0,6	10YR 5,5/6
C	260-350	0,93	2,79	2,59	0,20	4,1	0,3	5YR 5/6
API - Cambissolo húmico								
A ₁₁	0- 15	1,00	5,28	5,28	0	8,4	0	10YR 2/2
(B ₂₁)	60-100	1,00	8,21	8,21	0	13,1	0	10YR 5/6
C	240-350	0,77	2,10	1,62	0,48	2,6	0,7	5YR 5/8

(1) Razão da intensidade dos reflexos da goethita (110) e hematita (012); (2) Valor da razão obtida multiplicada pelo teor de Fe_d; (3) Diferença entre Fe_d e Fe_{Gt}; (4) Fe_{Gt} x 1,59 = % FeOOH; (5) Fe_{Ht} x 1,43 = % Fe₂O₃.

lo-avermelhada até vermelha. Os matizes variam de 5YR a 7,5YR, sendo o valor (tonalidade) de 5 e o croma de 6 a 8.

Entre todos os solos, o mais avermelhado é o CJ2 (latossolo), onde a hematita apareceu com valores mais elevados, entre 1,1 a 4,3 no B₂ e IIB₃ respectivamente. A coloração é vermelha, com matiz de 2,5YR, valor de 4 a 5, e croma de 8.

As relações entre a cor do solo e oxihidróxidos de ferro têm interesse pedogenético e podem ser úteis para o sistema de classificação morfogenético, que ora está sendo desenvolvido no Brasil.

Pelos dados aqui apresentados, pode-se concluir que os cambissolos da região estudada são tipicamente goethíticos, apresentando uma coloração bruno a bruno-amarelada. Por outro lado, nos latossolos, a goethita vem acompanhada por pequenas quantidades de hematita, o suficiente para dar-lhe uma tonalidade avermelhada.

A substituição do Fe por Al, nas estruturas dos óxidos de ferro, é comum nos solos da região estudada. O deslocamento relativo das goethitas pode ser observado na Figura 31 (perfil CJ2), principalmente nos reflexos (021) e (111), o que permitiu a separação das reflexões (130) da goethita e (104) da hematita, indicando uma elevada substituição de Al nas goethitas.

3.2. Mineralogia da Fração Silte (2 - 50 µm)

A identificação dos constituintes da fração silte fino (2 - 20 µm) e silte grosso (20 - 50 µm) foi executada por difração de raios X, em amostras reduzidas a pó e não orientadas.

A composição dos constituintes mineralógicos destas frações está representada no Quadro 10.

A presença de minerais primários alteráveis na

Quadro 10 - Composição mineralógica da fração silte (fino e grosso), do horizonte B dos solos estudados.

Silte		
Perfil	Fino (0,2 - 20 µm)	Grosso (20 - 50 µm)
NF1	Qt, Gb, Ve, Bt, Fdk, Mi-Ve	Qt, Gb
NF2	Gb, Qt, Bt, Ve, Fdk, Mi-Ve	Qt, Gb, Fdk
NF3	Qt, Gb, K	Qt, Gb
AI1	Gb, Qt, K, Mi-Ve	Gb, Qt
PB1	Qt, Mu, Gb, K	Qt, Mu, Gb
CJ1	Qt, Gb, Mi-Ve, K	Qt, Gb, Mi-Ve, K
CJ2	Qt, Gb	Qt, Gb
SN1	Qt, K	Qt, K
CS1	Qt, Gb, K	Qt, Gb, K
CS2	Qt, K	Qt, K
AP1	Qt	Qt

Qt= Quartzo; Gb= Gibbsita; Bt= biotita; Mu= muscovita; Ve= vermiculita com Al interlamelar; Mi-Ve= interestratificado mica-vermiculita com Al interlamelar; Fdk= feldspato potássico (microclínio); K= caulinita.

fração silte dos solos indica um estágio de desenvolvimento incompleto dos mesmos.

Observa-se que os cambissolos das partes setentrional e central apresentam uma composição mineralógica da fração silte, até certo ponto antagônica. Ao lado de grandes quantidades de gibbsita e quartzo, aparecem quantidades significativas de biotita e seus pseudomorfos, identificados como interestratificados do tipo mica-vermiculita com Al interlamelar, e vermiculita com Al interlamelar. O feldspato potássico (microclínio), também está presente, perfis NF1 e NF2, porém em pequenas quantidades.

Nos latossolos e cambissolos da parte meridional, a fração silte é predominantemente constituída por quartzo, acompanhado por pequenas quantidades de gibbsita.

Comparando-se a composição mineralógica das frações silte fino e grosso, verifica-se que o quartzo e gibbsita tendem a concentrar-se na fração mais grossa. Por outro lado, as micas, os feldspatos e seus pseudomorfos encontram-se preferencialmente na fração mais fina.

Observa-se, portanto, que a relação silte/ argila torna-se realmente importante para caracterizar os solos das partes setentrional e central. Nos solos da parte meridional, devido a sua composição essencialmente quartzosa da fração silte, esta relação não traz nenhum subsídio com relação ao grau de desenvolvimento dos mesmos.

Assim, o uso da relação silte/argila que vem sendo aplicada com um certo êxito para separar os latossolos dos cambissolos, poderá ser de extrema importância, desde que se leve em consideração a composição mineralógica da fração silte.

3.3. Mineralogia da Fração Areia (50 - 2.000 μ m)

Os percentuais dos minerais constituintes da fra

Quadro 11 - Composição mineralógica da fração areia dos horizontes B₂ dos solos estudados.

Perfil	Areia (50 - 2000 µm)							
	% de minerais ⁽¹⁾							
	Qt	Bt*	Mu	Fd*	Hor	Ep	Agr	Zr
NF1	72	12	-	6	tr	tr	10	tr
NF2	60	32	-	5	tr	tr	3	tr
NF3	80	2	-	2	tr	tr	16	tr
AI1	34	50	-	10	tr	5	tr	1
PB1	44	-	56	tr	-	-	tr	-
CJ1	25	73	-	3	-	-	tr	-
CJ2	90	3	-	tr	-	-	7	tr
SN1	90	tr	-	-	-	-	10	-
CS1	86	2	-	2	-	-	10	tr
CS2	88	2	-	-	-	-	10	tr
AP1	93	-	-	-	-	-	7	tr

(1) Minerais determinados na fração areia, porém referidos à fração terra fina.

(*) Minerais alterados ou parcialmente alterados (pseudomorfos).

Qt= quartzo; Bt= biotita; Mu= muscovita; Hor= hornblenda; Ep= epidoto; Agr= agregados; e Zr= zircão.

ção areia (referidos à fração terra fina) estão apresentados no Quadro 11.

Observa-se que o quartzo é o mineral dominante em quase todos os solos, principalmente nos latossolos NF3 e CJ2, e nos solos da parte meridional. Nos cambissolos NF2 e NF1, este último intermediário para latossolo, já existe uma certa proporção de pseudomorfos de biotita (32 e 12%) e de feldspato (6 e 5%). Constata-se, portanto, nestes solos, uma diminuição sensível dos teores de quartzo.

Finalmente, tem-se uma inversão de valores nos perfis A11, CJ1 e PB1. Nos dois primeiros os teores de pseudomorfos de biotita superam os de quartzo, enquanto que no PB1, o mineral dominante é a muscovita.

Pelos dados apresentados, constata-se que os solos da parte meridional e os latossolos das outras áreas possuem uma mineralogia da fração areia bastante evoluída. Ao contrário, nos cambissolos das partes setentrional e central, a presença de pseudomorfos dá uma idéia de desenvolvimento incompleto ao material do solo.

3.4. Resumo

Os dados apresentados e discutidos da análise mineralógica permitem estabelecer uma certa correlação entre a mineralogia dos constituintes dos solos e a posição que os mesmos ocupam nas diversas partes da região estudada, podendo ser esquematizada da seguinte maneira:

Partes setentrional e central

Os cambissolos desta porção da região estudada apresentam uma composição mineralógica da fração argila tipicamente gibbsítica, seguida por quantidades importantes de micas e de

seus pseudomorfos, e pequenas quantidades de caulinita. A fração silte fino apresenta como mineral dominante o quartzo ou a gibbsita, estando os mesmos em proporções bem elevadas. Os outros minerais encontrados são os mesmos da fração argila. O silte grosso é constituído unicamente por quartzo e gibbsita. Com relação às areias, existe, nestes solos, uma alta proporção de micas alteradas, superando o quartzo na maior parte dos casos.

Os latossolos apresentam uma fração argilosa caulinitica, porém com grande proporção de gibbsita, especialmente no CJ2. As frações silte (fino e grosso) são constituídas unicamente por quartzo e gibbsita. As areias são constituídas quase que exclusivamente por quartzo, com uma certa proporção de agregados argilo-ferruginosos.

Parte meridional

A composição mineralógica dos constituintes dos solos desta parte da região é bastante simples e está relacionada a um grau bem mais avançado de evolução.

Nestes solos, a fração argilosa é predominantemente constituída por caulinita, com uma proporção importante de vermiculita com Al interlamelar, em relação aos outros solos da região estudada. As micas e a gibbsita são encontradas em quantidades muito pequenas. Com relação aos interestratificados mica-vermiculita com Al interlamelar, eles estão presentes apenas como traço.

Não existe diferença entre composição mineralógica da fração silte fino e grosso, ambas são constituídas essencialmente por quartzo, com pequenas quantidades de gibbsita e caulinita, esta última provavelmente decorrente de problemas na separação granulométrica. A fração areia é quase que exclusivamente representada por quartzo, encontrando-se alguns agregados de natureza argilo-ferruginosa e pequenas quantidades (< 3%) de biotita alterada.

Ao contrário dos outros minerais, cuja distribuição está relacionada com os diversos ambientes da região estudada, os teores e formas dos compostos de ferro cristalizados, estão relacionados com o material de origem, dinâmica interna de cada perfil, e de certa forma com o tipo de solo estudado.

Dessa maneira, verifica-se que a goethita é praticamente exclusiva nos cambissolos, principalmente no horizonte (B), onde a coloração é bruna a amarelo-brunada. Nos latossolos, a goethita, embora dominante, vem sempre acompanhada de pequenas a médias quantidades de hematita. Neste caso, suficiente para dar uma coloração avermelhada a estes solos.

QUARTA PARTE

CAPÍTULO VI - INTERPRETAÇÕES GERAIS

1. ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE NA PORÇÃO CENTRAL DA PROVÍNCIA ESTRUTURAL DA MANTIQUEIRA

1.1. Origem e Dinâmica dos Produtos Secundários

Neste item, será estudada a evolução dos minerais primários constituintes das rochas, que de maneira mais significativa participaram na formação dos solos estudados.

O *quartzo*, apesar de abundante em quase todas as rochas, exceção feita ao nefelina-sienito, que constitui o material de origem do perfil A11, não apresenta uma alteração significativa, permanecendo de maneira residual nos solos.

MILLOT & FAUCK (1971) e FAUCK (1972) colocam em evidência, em seus estudos, que o quartzo pode sofrer uma certa solubilização em condições tropicais. Neste trabalho, entretanto, não foram verificados sinais de corrosão ou dissolução nos grãos de quartzo estudados. Tudo leva a crer que nestas condições sua estabilidade é grande.

A *muscovita* é um dos minerais primários mais resistentes à ação dos agentes da alteração supérgena. Alguns autores verificaram que a estabilidade desse mineral é geralmente maior do que a do próprio quartzo (MILLOT, 1964; ROBERT, 1970; SEDDOH, 1973; e ~~MONIER~~^{MONIER}, 1977).

A maior parte das rochas que constituem os materiais de origem dos solos nesta pesquisa não apresentam muscovita em sua composição mineralógica. Entretanto, este mineral aparece

em grande quantidade no perfil PBl, onde foi observada sua permanência até os níveis superiores do perfil, sem evidenciar nenhum sinal de alteração. Nos perfis SN1 e AP1, embora este mineral esteja presente na rocha, eles são pouco representados nos solos.

Os outros minerais primários, tais como anfibólios (hornblendas), epídoto, etc, não foram estudados, pois são raros nas rochas que constituem os materiais de origem dos solos.

De fato, os feldspatos e biotitas são os dois únicos, minerais mais importantes. Eles representam juntamente com o quartzo, mais de 90% do volume total das rochas, sendo, portanto, sua evolução fundamental no desenvolvimento dos solos da região.

a. Evolução dos feldspatos

Os feldspatos são os minerais mais sensíveis à alteração, principalmente os plagioclásios. Os feldspatos potássicos (ortoclásio e microclínio), considerados, pela literatura, dentro da série dos feldspatos, como os de maior resistência ao intemperismo, na região, evoluem da mesma forma que os plagioclásios.

Primeira Sequência de Alteração

Feldspato —————> Gibbsita

Como já foi dito anteriormente, esta sequência de alteração representa o tipo extremo de evolução dos feldspatos, ligada as partes setentrional e central da região estudada, onde a pluviometria é elevada e os perfis apresentam condições de drenagem interna excelentes.

Pelas observações microscópicas, pode-se distinguir-se três estágios de evolução dos feldspatos em gibbsita (DEL VIGNE, 1965):

Primeiro Estágio

Inicialmente, os feldspatos são atravessados por grande quantidade de fissuras finas, que correspondem aos planos de fratura do mineral (clivagens, e planos de geminação).

Segundo Estágio

O início da alteração do feldspato possibilita a migração do alumínio (devido ao pH de abrasão do meio, STEVENS & CARRON, 1948), em pequena escala, até as fissuras. Nas fissuras, esta acumulação de alumínio permite a cristalização de gibbsita, formando um reticulado periférico que envolve os cristais de feldspatos ou seus fragmentos (ESTAMPA III - Foto 3).

Terceiro Estágio

A alteração dos feldspatos prossegue, e os fragmentos separados pelo reticulado gibbsítico pode também se transformar em gibbsita, havendo desta forma uma invasão total da gibbsita. Assim, duas gerações de gibbsita são formadas a partir dos feldspatos (ESTAMPA IV - Foto 7).

Segunda Sequência de Alteração

Feldspato ———> Gel ———> Gibbsita

Esta sequência corresponde a uma velocidade de alteração menor, que pode estar ligada a uma maior concentração iônica nas águas de drenagem. Portanto, não corresponde, necessariamente, a uma menor intensidade de lixiviação.

Neste tipo de alteração, foram observados também 3 estágios de evolução:

Primeiro Estágio

Corresponde praticamente ao primeiro estágio da sequência anterior, entretanto, neste caso, as fissuras apresentam -se parcialmente preenchidas por gel isotrópos.

Segundo Estágio

A fissuração do mineral é abundante e interliga -se, formando uma verdadeira rede, dentro da qual observam-se relíquias de feldspatos, com aspecto cavernoso e corroído. Porém, os fragmentos vizinhos são separados por volumes de gel, que se desenvolvem aparentemente do mesmo cristal original.

Terceiro Estágio

No centro dos maiores e mais antigos volumes de gel, desenvolvem-se cristais de gibbsita. Progressivamente, os fragmentos de feldspatos alteram-se em gel, que por sua vez, transformam-se lentamente em gibbsita, ou, por vezes, são eliminados, deixando vazios (estruturas tipo "box work"). Finalmente, o material é totalmente gibbsitizado e o resultado final é idêntico àquela da primeira sequência.

Terceira Sequência de Alteração

Feldspato —> Gel ———> Gibbsita + Caulinita

Esta sequência corresponde a parte meridional da região estudada, onde as precipitações são menores e a topografia é menos movimentada, não apresentando um caráter montanhoso, como nas partes setentrional e central. O tipo de relevo, já definido, é de um planalto rejuvenescido por uma rede de drenagem incisa.

Neste caso, a transformação dos feldspatos em gel, bem como deste em gibbsita, parece ser um estágio rápido, seguindo processo semelhantes àqueles da segunda sequência de alteração. A transformação desta gibbsita em caulinita é difícil de ser observada no microscópio óptico, entretanto, constata-se, pelo estudo por difração de raios-X, que o resultado final desde os horizontes de alteração é a caulinita (ESTAMPA VII - Foto 7).

b. Evolução das biotitas

Na escala de estabilidade dos minerais de GODICH (1938), a biotita é considerada de baixa resistência ao intemperismo, sendo mais estável que o feldspato potássico, muscovita e quartzo.

Na região estudada, as biotitas sofrem transformações estruturais importantes durante a alteração. Inicialmente, tem-se uma perda de K^+ interlamelar e Mg^{++} e Fe^{++} da camada octaedral. A perda do K^+ interlamelar é compensada por cátions trocáveis, e desta maneira, minerais de estrutura 2:1 podem ser formados (FANNING & KERAMIDAS, 1977), bem como vários tipos de minerais de camada mista ou interestratificados do tipo biotita-vermiculita e biotita-esmectita. Eventualmente, quando todo o K^+ interlamelar é trocado, um novo mineral é formado: vermiculita ou esmectita. Vários autores, entre eles JACKSON (1963); SEDDOH & PEDRO (1974), observaram que em determinadas situações o espaço interlamelar pode ser preenchido por Al, transformando a vermiculita ou esmectita em um mineral chamado clorita-aluminosa ou vermiculita com Al interlamelar.

As biotitas podem sofrer alterações mais importantes, resultando minerais secundários como a caulinita e a gibbsita, além de liberar uma certa quantidade de ferro.

De uma maneira esquemática, pode-se ter as seguintes seqüências de alteração deste mineral na região estudada:

Primeira Seqüência de Alteração

Biotita —> Interestratificados —> Vermiculita com Al
interlamelar

Embora as condições de hidrólise nas partes setentrional e central sejam bastante atuantes, as biotitas evoluem menos do que o esperado. Transformam-se, preferencialmente, em interestratificados regular biotita-vermiculita com Al interlamelar (Figuras 19 a 22).

Este fato pode ser explicado, pois, em se tratando de uma região onde a hidrólise é muito intensa, os feldspatos alteram-se rapidamente, produzindo uma grande quantidade de alumínio que entra nos folhetos das biotitas parcialmente alteradas. Dessa maneira, este mineral torna-se mais resistente, permanecendo por mais tempo nos perfis (ESTAMPA III - Foto 7).

Devido à baixa taxa pedogênese/erosão nos cambissos deste setor da região estudada, os interestratificados são bem representados nos perfis, pois, a medida que eles evoluem para vermiculita com Al interlamelar, estas são subtraídas por erosão. Portanto, o tempo de atuação da hidrólise sobre estes minerais é reduzido e impede uma evolução mais intensa no sentido da vermiculita com Al interlamelar.

Segunda Seqüência de Alteração

Biotita —> Interestratificado —> Vermiculita com Al —>
interlamelar
—> caulinita

Na parte meridional, a intensidade da hidrólise é menor e o tempo de atuação da mesma é mais prolongado. Nestas condições, a alteração dos feldspatos e das biotitas é progressiva e contínua, e ambos os minerais podem atingir um estágio de evolução importante.

Dessa maneira, a biotita é transformada em vermiculita com Al interlamelar, passando também por um estágio de interestratificados, que podem ainda ser observado em alguns difratogramas (Figura 24). Portanto, a vermiculitização das biotitas é um processo importante na parte meridional da região, especialmente nos cambissolos.

Nos latossolos, a vermiculita-Al aparece em menor quantidade. Parece que nestes solos a vermiculita -Al poderia ter evoluído para caulinita, no decorrer do processo de latossolização. MOLLER & KLANT (1983) constataram, em testes de intemperismo artificial, que a vermiculita Al e a gibbsita presentes nos latossolos são menos estáveis que a caulinita, portanto, corroborando as observações expostas neste trabalho.

Terceira Sequência de Alteração

Biotita ———> Caulinita

Este tipo de alteração, bastante particular, foi observado apenas nos primeiros níveis de alteração do perfil A11. A observação microscópica mostrou que a caulinita apresenta uma orientação paralela entre as lamelas da biotita alterada (ESTAMPA IV - Foto 6). Segundo BISDOM et alii (1982), se a alteração ocorre "in situ", a transformação isomórfica da biotita pode dar lugar a uma caulinita de tamanho grande (macro-caulinita vermiforme).

É provável que este tipo de alteração ocorra em outros perfis da região estudada, contribuindo para explicar a presença da caulinita nos níveis superiores dos solos.

1.2. Caracterização Geoquímica dos Processos de Alteração

As rochas da região, embora apresentem composição mineralógica variada, e façam parte de tipos litológicos e petro-

gráficos diferentes, podem ser incluídas dentro de única série geoquímica e seqüências mineralógicas - *Sialférica* (PEDRO, 1966). Desta forma, a alteração depende sobretudo do processo hidrolítico e sua intensidade.

Pelos dados obtidos no item anterior e em função dos diversos compartimentos geomorfológicos, que comandam, em linhas gerais, a intensidade da hidrólise, pode-se subdividir a região estudada em duas grandes áreas, de acordo com a natureza dos produtos secundários dominantes:

As regiões serranas das partes setentrional e central

Nas áreas de relevo forte ondulado a montanhoso, devido as amplitudes elevadas e declives muito íngremes, a intensidade de lixiviação é muito forte.

Sob estas condições, a hidrólise é intensa, os feldspatos alteram-se diretamente para gibbsita, passando, por vezes, por um estágio intermediário de gel. Por outro lado, as micas, especialmente as biotitas, alteram-se, preferencialmente, em estruturas mistas (interestratificados mica-vermiculita com Al interlamelar), chegando raramente a uma vermiculita bem definida. Em alguns casos, nos horizontes de alteração, as biotitas alteram-se diretamente em caulinitas.

Neste caso, os minerais alteram-se com velocidades diferentes, o que leva necessariamente à existência de um grau de alteração inferior a 100 (MELFI & PEDRO, 1977). O processo que tem lugar, corresponde então ao fenômeno da alitização (HARRASSOWITZ, 1926), entretanto, devido a presença das estruturas mistas a luminosas (pseudomorfos de biotita), não permite caracterizar uma verdadeira alitização.

Este tipo de alteração incompleta, com uma textura relativamente grosseira, caracteriza os cambissolos desta por

ção da região estudada.

Por outro lado, em alguns setores desta região serrana, existem áreas mais baixas, constituídas por relevos embutidos (intramontanos). Nestas áreas, o relevo é suave ondulado e as declividades são menores. Sob estas condições, a velocidade do fluxo é menor, mas o suficiente para processar uma alteração intensa nos materiais, que se desenvolve às custas de uma cobertura de materiais já bastante intemperizados, resultantes do desmantelamento de antigas superfícies mais elevadas. Portanto, o material sofre uma ressilicificação por aporte de sílica proveniente das partes mais altas do relevo, com formação de caulinitas a partir das gibbsitas.

Neste caso, a alteração é total. Tem-se, assim, uma cobertura de alteração *ferralítica*, caracterizada pelo desenvolvimento da paragênese caulinita-gibbsita, com a gibbsita podendo aparecer em maior ou menor quantidade.

Esta cobertura de alteração completa, caracterizada pela ausência de minerais alteráveis e por uma constituição argilosa, é típica dos latossolos da região.

A região menos movimentada da parte meridional

O tipo de modelado dominante na região (ondulado e forte ondulado) permite um fluxo d'água importante, porém menos intenso que nas áreas serranas das partes setentrional e central.

Neste caso, a hidrólise é menos intensa e o tempo de atuação sobre os materiais é bem mais longo. O sistema, no conjunto, é aberto, mas não o suficiente para uma dessilicificação completa. O clima de transição, caracterizado por uma melhor distribuição das precipitações, poderia influir, juntamente com o relevo, para esta menor intensidade do processo hidrolítico.

Sob estas condições, observa-se que os feldspatos

alteram-se sempre em caulinita e raramente em gibbsita. As biotitas transformam-se em produtos intermediários e, em seguida, evoluem para uma vermiculita com Al interlamelar bem cristalizada. A presença de estruturas mistas (mica-vermiculita com Al interlamelar) em pouca quantidade, evidencia que o processo de evolução das biotitas, encontra-se bastante avançado, especialmente nos latossolos.

Trata-se portanto, de uma cobertura de alteração *sialítica mista*, onde a fração argilosa caulinítica é acompanhada de uma certa proporção de vermiculita com Al interlamelar.

Este tipo de cobertura está associada, principalmente, aos cambissolos desta porção da região estudada.

Nos latossolos, embora ocorra pequenas quantidades desses minerais aluminosos de estrutura 2:1, a cobertura de alteração é do tipo *ferralítica*.

1.3. Pedogênese

1.3.1. Evolução mineralógica e organização estrutural ao nível do perfil

Correlacionando-se os dados analíticos com os morfológicos, pode-se agrupar os solos estudados em três conjuntos, levando-se em conta, principalmente, a natureza dos constituintes mineralógicos e a organização estrutural do material do solo:

- o primeiro conjunto diz respeito aos solos onde o pedoplasma é pouco diferente do plasma de alteração (alteroplasma, BOULET, 1978). Neste caso, a taxa pedogênese/erosão é baixa, não havendo, uma transformação importante, nesse nível, dos minerais primários em estruturas secundárias argilosas, pois a sílica é praticamente eliminada do meio. O plasma é pouco expres-

sivo, sendo constituído por argilas e grande quantidade de siltes. Sua composição é tipicamente gibbsítica, com caulinita subordinada (mal cristalizada) e quantidade importante de pseudomorfos de mica, representados, principalmente, por interestratificados do tipo mica-vermiculita com Al interlamelar. Os teores de ferro livre (Fe_d) são baixos em relação aos de ferro total (Fe_t) e os produtos ferruginosos de baixa cristalinidade (amorfos) representam uma percentagem bastante elevada, assim como os de alumínio.

O esqueleto apresenta-se constituído por quantidades elevadas de pseudomorfos de mica, principalmente biotita e feldspato. A análise por difração de raios X mostrou que estes pseudomorfos de biotita são constituídos por minerais interestratificados mica-vermiculita com Al interlamelar e vermiculita com Al interlamelar subordinada. Os feldspatos apresentam-se totalmente gibbsitizados.

Com relação a organização estrutural, o material do solo apresenta-se normalmente maciço ou apédico, ou com uma tendência a formação de "micropeds". As observações microscópicas levam a concluir que a presença pouco abundante de plasma e grande quantidade de pseudomorfos, especialmente de biotita, nas diversas frações granulométricas, dificultam uma organização do pedoplasma no sentido da microagregação. Os produtos de Fe e Al de baixa cristalinidade (amorfos) encontrados nesses materiais, provavelmente, também contribuem para esse tipo de organização.

Os cambissolos NF2, AI1 e CJ1 correspondem exatamente a esse tipo de evolução pedológica, sendo, portanto, considerados típicos de uma evolução incompleta, tanto do ponto de vista mineralógico, como estrutural.

Ainda dentro desse primeiro conjunto, encontra-se o cambissolo (PB1). As características físicas, químicas e mineralógicas do material denotam um estágio de intemperização bastante avançado. No entanto, a quantidade elevada de muscovita presente nas diversas frações granulométricas do solo confere, ao mesmo, um caráter de desenvolvimento incompleto. Este mineral, constituindo

parte do plasma e do esqueleto, parece dificultar o desenvolvimento estrutural no sentido de microagregação. Assim, o material do solo apresenta-se eminentemente apédico.

O perfil NF1, constitui um tipo intermediário dentro desse primeiro conjunto, visto que, por um lado, a evolução mineralógica é incompleta, e por outro, há uma certa evolução estrutural (microagregação moderada).

- o segundo conjunto corresponde aos solos onde o pedoplasma é abundante, porém sem nenhuma organização no sentido da microagregação. Observa-se que nas condições de alteração, já existe um plasma importante resultante da transformação dos minerais primários em argilosos. No entanto, esse plasma sofreu pouca ou quase nenhuma reorganização durante o processo de pedoplasmação.

A composição mineralógica desse plasma é tipicamente caulinítica, com uma quantidade importante de vermiculita Al interlamelar. Os teores de ferro livre são próximos aos de ferro total, evidenciando um estágio avançado de intemperismo do material. Os minerais de ferro e alumínio de baixa cristalinidade (amorfos), estão normalmente ausentes ou ocorrem em pequenas quantidades.

O esqueleto apresenta-se constituído exclusivamente por grãos de quartzo, sendo rara a ocorrência de outros minerais.

Com relação à organização estrutural, o material do solo apresenta-se muito pouco organizado, com uma estrutura grosseira, caracterizando um B estrutural ou incipiente e uma organização do pedoplasma (semelhante ao "structural B", segundo FLACH et alii, 1968).

A presença de separações plásmicas (comuns a abundantes) nesses materiais, parece constituir uma fase que antecede a reorganização do pedoplasma no sentido da microagregação.

Os cambissolos SN1, CS2 e AP1 apresentam um horizonte B característico desse tipo de evolução pedológico, evidenciada por uma fraca evolução estrutural do pedoplasma.

O perfil CS1 representa um estágio semelhante a dos cambissolos da mesma região, porém, diferencia-se por uma fase mais avançada de evolução estrutural do pedoplasma.

- o terceiro conjunto, diz respeito a solos onde o pedoplasma é importante e a organização estrutural apresenta uma microagregação moderada a forte.

Na região em estudo, os solos que apresentam essas características são formados a partir de materiais remanejados das partes mais altas do relevo. Assim, não existe uma relação vertical entre o plasma de alteração e o pedoplasma. Na realidade, os materiais, ao depositarem-se (colúvios espessos), já bastante inqemperizados, apresentam condições favoráveis a formação de caulinitas a partir da ressilicificação da gibbsita. A presença da caulinita e de óxidos de ferro bem cristalizados, parece contribuir decisivamente para uma evolução do pedoplasma no sentido da microagregação típica dos latossolos. Ao microscópio, o plasma desses solos apresenta pequenos agregados granulares de menos de 1mm de diâmetro, com largos espaços vazios intercomunicantes, responsáveis pela alta porosidade do B latossólico, como foi observado por CARVALHO (1970), BENNEMA et alii (1970), LEPSCH & BUOL (1974).

Os perfis NF3 e CJ2 correspondem a esse tipo de evolução pedológica, sendo portanto considerados como latossolos típicos.

1.3.2. Interpretação histórica

Pode-se afirmar que a hidrólise é o processo que comanda a gênese das coberturas pedológicas da região, sendo responsável pela formação dos diferentes tipos de solos encontrados

(cambissolos, latossolos e intermediários). Seu grau de evolução , que depende da intensidade do fluxo de água que percola os mate riais da superfície, encontra-se associado a fatores climáticos (precipitação) e topográficos (relevo).

As diferenças climáticas encontradas na região (Quadro 1) seriam insuficientes para explicar a existência de solos em graus tão diversos de evolução.

Parece, fora de dúvida, que a topografia é o fator principal que condiciona a gênese e a distribuição dos solos na re gião estudada.

Na realidade, a gênese e distribuição dos solos nos diferentes compartimentos da paisagem da região encontram-se intimamente associadas aos processos atuantes na formação e evolu ção do relevo atual. Não se pode dissociar a pedogênese da morfogê nese.

A história das alterações e da pedogênese da re gião teve início no Cretáceo Superior, quando do soerguimento da plataforma Sul-Americana (KING, 1956). Um longo período erosivo possibilitou a formação de um extenso peneplano, enquanto que as condições climáticas existentes deram origem a uma cobertura super ficial, constituída por materiais lateríticos.

Ciclos erosivos posteriores desmantelaram esta superfície, a qual, de acordo com KING (op.cit.), é evidenciada pela concordância altimétrica existente entre as cristas mais elevadas do relevo, e promoveram o remanejamento e redistribuição dos mate riais lateríticos de suas coberturas.

Assim, nas partes mais elevadas do relevo e sujei tas à maiores atuações dos processos erosivos aparecem solos pouco desenvolvidos (cambissolos) que representam as raízes das anti gas coberturas lateríticas, enquanto que nas posições topográficas mais baixas ocorrem latossolos, associados à redistribuição dos antigos materiais lateríticos na paisagem (coluvionamento).

Esta distribuição generalizada na área de estudo re apresenta uma inversão do clássico posicionamento desses solos, verificado em outras áreas do Brasil, onde os latossolos ocupam, via de regra, posição de interflúvio, enquanto que solos menos desenvolvidos aparecem nas vertentes (MODENESI, 1984).

Foi possível, portanto, na região analisada, relacionar a distribuição dos solos com os diferentes níveis de erosão e coluvionamento:

- Nas partes setentrional e central, onde o relevo é fortemente movimentado, os cambissolos ocupam normalmente as partes mais altas e mais íngremes. Nestas posições a erosão superficial é um fator importante, impedindo o espessamento dos solos e, conseqüentemente, a mais intensa evolução dos minerais presentes. À medida que os minerais da rocha-matriz começam a alterar-se em produtos secundários, estes são subtraídos por erosão, tendo-se assim um permanente rejuvenescimento desses solos.

Os latossolos, por outro lado, ocupam as áreas de nível altimétrico mais baixo, constituídas por vales intramontanos (na parte setentrional) e por degraus de coluvionamento (na parte central). Nestas áreas, os materiais provenientes da erosão pretérita de solos lateríticos das partes mais altas formaram um manto bastante espesso, que sofreu uma nova pedogênese latossólica.

Os solos intermediários (cambissolo latossólico) as sociados a cambissolos parecem constituir relíquias ou testemunhos da cobertura laterítica da antiga superfície aplainada (KING, 1956) que não foi totalmente desmantelada. Estes solos constituem a fase intermediária entre os latossolos pretéritos das partes mais altas e os cambissolos que dominam atualmente na área (latossolos truncados). Por outro lado, os solos intermediários associados aos latossolos (latossolo câmbico) constituem, aparentemente, uma primeira fase logo após ao coluvionamento dos materiais, que ainda não sofreu uma pedogênese latossólica completa. Pode-se pensar, também, que constituem estágios atuais de retrabalhamento das coberturas latossólicas.

- Na parte meridional, onde o relevo apresenta-se mais suave, a presença dos latossolos é bem menos importante. No entanto, verifica-se praticamente a mesma distribuição dos solos na paisagem.

Os cambissolos ocupam, preferencialmente, as áreas de topo ou de terço médio a superior de encosta, onde a erosão mais ativa adelgaça os solos, mas não o suficiente para um rejuvenescimento completo, como foi visto nos solos das partes setentrional e central.

Os latossolos ocupam a parte inferior das encostas, onde os processos erosivos são atenuados pela menor declividade. Nestas condições, há um espessamento dos mesmos, favorecendo uma pedogênese latossólica.

CONCLUSÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, alguns aspectos importantes foram evidenciados, permitindo as seguintes conclusões:

1. Pode-se afirmar que, nas condições de clima úmido da região, a hidrólise intensa é o mecanismo responsável pela formação das coberturas pedológicas, generalizadas nas diversas paisagens da área estudada. Entretanto, as pequenas variações climáticas constatadas seriam insuficientes para explicar a existência de solos em graus tão diversos de evolução.

Com base nessas observações, constatou-se que a topografia é o fator principal que condiciona a gênese e a distribuição dos solos nos diferentes setores da região. Assim, do ponto de vista geomorfológico, a Porção Central da Província Estrutural da Mantiqueira foi subdividida em três partes principais: *setentrional*, que compreende as áreas serranas com grandes espigões e vales intramontanos, correspondendo à Serra dos Órgãos, RJ; *central*, também serrana, de altitude um pouco mais elevada, onde os planaltos dissecados são coroados por relevos menos movimentados, correspondendo à Serra da Bocaina, Maciço do Itatiaia e Planalto de Campos do Jordão; e, finalmente, a *meridional*, constituída por um planalto rebaixado (750 - 950 metros), e relevo mais suave em relação às partes setentrional e central, correspondendo às áreas da Serra Negra-SP, e porções dos Municípios de Apiaí-SP e Campina Grande do Sul-PR.

2. A distribuição dos solos na área estudada representa uma inversão do clássico posicionamento dos mesmos, verificado em outras regiões do Brasil. Os *cambissolos* ocupam, preferencialmente, as partes mais altas e mais íngremes do relevo, enquanto que os *latossolos* encontram-se nas áreas altimétricas mais baixas.

Na parte setentrional, os *cambissolos* ocupam as en

costas de modelado forte ondulado a montanhoso, enquanto que os *latossolos* ocupam as paisagens de relevo ondulado, constituídas por vales intramontanos.

Na parte central, os *cambissolos* ocupam a posição de topo de planalto, onde o relevo é mais suavizado, enquanto que os *latossolos* ocorrem nas bordas dos planaltos, nos degraus de coluvionamento.

Na parte meridional, onde o relevo apresenta-se mais suave, os *cambissolos* ocupam o terço médio a superior das encostas, e os *latossolos*, o terço inferior das mesmas.

3. Em função dos diversos compartimentos geomorfológicos que comandam em linhas gerais a intensidade da hidrólise, a região estudada foi dividida em duas grandes áreas, de acordo com a natureza dos produtos secundários dominantes:

- Regiões serranas (setentrional e central). Nestas áreas de relevo mais movimentado e declives muito íngremes, o mecanismo de alteração das rochas e evolução do solo é dominado por uma intensa lixiviação. Sob estas condições de hidrólise intensa, os feldspatos evoluem em gibbsita, e as micas, especialmente, as biotitas, geralmente alteram-se em minerais interestratificados (mica-vermiculita Al). O processo de alteração superficial que afeta os materiais desta região corresponde a uma *alitização* (HARRASSOWITZ, 1926), que, porém, deve ser considerada incompleta, face a presença desses interestratificados.

Este tipo de alteração incompleta leva à formação de coberturas pouco espessas, devido à baixa taxa pedogênese/erosão, que caracteriza os *cambissolos* deste setor.

Por outro lado, em alguns setores dessas regiões serranas, existem áreas mais baixas, constituídas por vales intramontanos ou degraus de coluvionamento. Nestas posições, a taxa pedogênese/erosão é alta, principalmente levando-se em conta a existência de processos de coluvionamento, que provocaram a deposição

de material já alterado sobre estas superfícies. Neste caso, a evolução dos minerais primários é completa, e, a partir desses colúvios formados por materiais bastante intemperizados, desenvolve-se uma cobertura de alteração ferralítica.

- Região menos movimentada (meridional). O tipo de modelado, mais suave e mais rebaixado, condiciona uma hidrólise menos intensa, porém com um tempo de atuação mais longo. Neste caso, os feldspatos alteram-se para caulinita e, raramente, para gibbsita, enquanto que as biotitas transformam-se em vermiculita-Al. Trata-se, portanto, de uma cobertura de alteração *sialítica mista*.

Assim, observa-se que o processo de *caulinização* das coberturas de alteração torna-se mais importante em direção à região meridional, acompanhado pelo aumento de formação de vermiculita - Al (*aluminossilítização*, segundo PEDRO, 1983).

4. Os *cambissolos* das regiões serranas das partes setentrional e central desenvolvem-se a partir da alteração "in situ" ou com pequena contribuição de material remanejado na parte superficial dos perfis. Estes solos constituem a base de perfis rejuvenescidos pela erosão, estando portanto, em desequilíbrio com as condições ambientais. Eles representam um estágio de evolução incompleta, onde o pedoplasma é pouco diferente do plasma de alteração, com uma herança muito grande de pseudomorfos de biotita e feldspato, além de produtos amorfos de ferro e alumínio. Os perfis NF2, AI1, PB1 e CJ1 representam este tipo de *cambissolo* da região estudada.

Os *cambissolos* da parte meridional desenvolvem-se, provavelmente, a partir da alteração "in situ", com possível contribuição de material remanejado ao nível da vertente. Constituem perfis relativamente espessos para solos dessa classe, sem reserva de minerais primários alteráveis, mas que apresentam uma quantidade importante de vermiculita - Al na fração argila e, por vezes, de 2 a 9% de muscovita. A característica câmbica atribuída a estes solos prende-se a morfologia. A análise microscópica

revelou que o plasma de alteração (abundante) sofreu uma fraca re-organização ao nível do pedoplasma. Neste caso, o material do solo apresenta-se eminentemente apédico ou contínuo, com quantidades importantes (comuns e abundantes) de separações plásmicas. Estas características são refletidas na macromorfologia, onde os solos apresentam uma estrutura grosseira, por vezes prismática, que poderia caracterizar um B estrutural, conforme FLACH et alii (1968). Os perfis SN1, CS2 e AP1 representam este tipo de *cambissolo*, característico da parte meridional da região estudada.

5. Os *latossolos* originam-se sobre material transportado das partes mais altas do relevo, não existindo, portanto, uma relação vertical visível entre o plasma de alteração e o pedoplasma. Estes materiais, já bastante alterados, transformam-se rapidamente e apresentam uma evolução do pedoplasma no sentido da microagregação típica do B latossólico. Os perfis NF3 e CJ2 representam os *latossolos* típicos da região estudada.

6. Os solos intermediários entre cambissolos e latossolos, ora com características de um ou de outro, podem apresentar a seguinte origem: perfil NF1 - *cambissolo latossólico*, constitui uma fase intermediária entre os *latossolos* pretéritos das partes mais altas e os *cambissolos* que dominam atualmente na área. Este perfil sofre um processo de rejuvenescimento, com enriquecimento do material do solo por adição de minerais em vias de alteração, proveniente das partes mais altas da vertente; perfil CS1 - *latossolo câmbico*, constitui, por certo, um estágio mais evoluído dos cambissolos que ocorrem na região meridional. Neste caso, o pedoplasma encontra-se mais organizado, apresentando uma estrutura menos grosseira, mas não o suficiente para uma organização em microagregado, típico dos *latossolos*. As separações plásmicas aparecem em menor quantidade que nos *cambissolos* que ocorrem associados, e a presença da vermiculita - Al e muscovita (2%) está dentro dos padrões dos *latossolos* da região.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. - 1956 - A terra paulista. *Bol. Paul. Geogr.*, São Paulo, (23): 5-38.
- AB'SABER, A.N. - 1960 - Tópicos geomorfológicos: da necessidade de uma pluralidade de critérios para melhor classificação do relevo brasileiro. *Not. Geomorf.*, Campinas, (6): 63-72.
- AB'SABER, A.N. - 1961 - Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Mar no Paraná. *Bol. Paran. Geogr.*, Curitiba (4/5) : 94-110.
- AB'SABER, A.N. - 1969 - Posição das superfícies aplainadas no Planalto Brasileiro. *Not. Geomorf.*, Campinas, 5 (9/10): 52-54.
- AB'SABER, A.N. - 1970 - Províncias geológicas e domínios morfo-climáticos no Brasil. São Paulo, IGEIG/USP. *Geomorfologia*, (20): 26 p.
- AB'SABER, A.N. - 1973 - A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *Bol. Inst. Geogr.*, USP, *Geomorfologia*, (41): 39 p.
- AB'SABER, A.N. & BERNARDES, N. - 1958 - Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. In: *Congresso Internacional de Geografia*, 18, Rio de Janeiro. Guia de Excursões, Rio de Janeiro, (4): 1-303.
- ALEXIADES, C.A. & JACKSON, M.L. - 1965 - Quantitative determination of vermiculite in soils. *Proc. Soil Sci. Am.*, (29): 522 - 527.
- ALEXIADES, C.A. & JACKSON, M.L. - 1966 - Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. *Clays and Clay Minerals. Proc. 14th Conf.*, p. 32-35.

- ALMEIDA, F.F.M. de - 1951 - A propósito dos relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. *Bol. Paul. Geogr.*, (9): 3-18.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Os fundamentos geológicos do relevo paulista. *Bol. Inst. Geogr. e Geol.*, São Paulo, (41): 169-263.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1967 - Origem e evolução da plataforma brasileira. *Bol. Div. Geol. e Miner.*, DNPM, Rio de Janeiro, (241): 1-36.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1969 - Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: *Congr. Bras. Geol.*, Anais da SBG, Salvador, 23: 29-46.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1974 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. IGEOG/USP. *Série Teses e Monografias* (14): 99 p.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de - 1976 - The upper pré-cambrian of South America. *Bol. IG/USP* (7): 45-80.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de; FUCK, R.A. - 1977 - Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth Sci. Rev.*, (17): 1-29.
- ANTONELLO, L.L. - 1983 - Gênese de uma sequência de solos de rochas alcalinas do maciço do Itatiaia, RJ; mineralogia, geoquímica e micromorfologia. *Tese de Doutorado*. Inst. Geociências-UFRJ, 241 p.
- AZEVEDO, A. de - 1949 - O Planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo. *Bol. Paul. Geogr.*, São Paulo, (2): 43-53.
- AZEVEDO, A. de - 1970 - *Brasil, a terra e o homem*. São Paulo, Nacional/EDUSP, 2 vols.

- BAILEY, S.W.; BRINDLEY, G.W.; JOHNS, W.D.; MARTIN, R.T.; ROSS, M.
- 1971 - Summary of national and international recommendations on clay mineral nomenclature. *Clays and Clay Min.*, (19): 129-132.
- BALDWIN, M. & KELLOGG, C.E. - 1938 - Soil classification. In: *Soil and men.*, Washington, D.C., USDA (Agricultura Yearbook), p. 979-1001.
- BENNEMA, J. - 1963 - The red and yellow soils of the tropical and subtropical upland. *Soil Sci.*, 95 (4): 250-257.
- BENNEMA, J. - 1966a - Report to the government on classification of Brazilian soils. FAO-EPTA. *Report*, 2127.
- BENNEMA, J. - 1966b - The calculation of CEC for 100 grams clay with correction for organic carbon. Roma, FAO-EPTA *Report*, 2197, p. 27-30.
- BENNEMA, J. - 1980 - Relatório final da missão de assessoria técnica ao SNLCS/EMBRAPA, Rio de Janeiro, 82 p.
- BENNEMA, J.; JONGERIJUS, A.; LEMOS, R.C. de - 1970 - Micromorphology of some oxic and argillic horizons in south Brazil, in relation to weathering sequences. *Geoderma* (4): 333-335.
- BIGARELLA, J.J. - 1954 - Esboço da geomorfologia do Estado do Paraná. IBPT, *Bol.*(32): 22 p.
- BIGHAM, J.M.; GOLDEN, D.C.; BOWEN, L.H.; BUOL, S.W.; WEED, S. B. - 1978 - Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols: I. Characterization of iron oxides in soil, clays by Mössbauer spectroscopy, X-ray diffractometry and selected chemical technique. *Soil Sci. Am. J.*, (42): 816-825.
- BISDON, E.B.A.; STOOPS, G.; DELVIGNE, J.; CURMI, P.; ALTEMULLER, H.J. - 1982 - Micromorphology of weathering biotite and its secondary products. *Pedologie*, XXXII, (2): 225-252.

- BOCQUIER, G. - 1971 - Genèse et evolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interpretation biogéodynamique. *Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSTOM*, (62): 350 p.
- BOCQUIER, G. - 1976 - Synthèse et perspectives: migration et accumulations de l'aluminium et du fer. *Bull. Soc. Géol. France* (7), t. XVIII, (1): 69-74.
- BOULET, R. - 1978 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. *Thèse Doctorat, Strasbourg. Mém. ORSTOM*, (85): 272 p.
- BRADLEY, W.F. - 1950 - Interstratified minerals. *Trans. 4th Int. Cong. Soil Sci.*, Amsterdam, 1: 101-105 and 425-427.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos - 1958 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal, Rio de Janeiro, *Bol. Téc.* (11): 350 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos - 1960 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, *Bol. Técnico* (12): 634 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos - 1962 - Levantamento de reconhecimento de solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, *Bol. Técn.* (13): 462 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - 1971 - Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro, *Bol. Técn.* (21) (Brasil, SUDENE/DRN). Div. de Agrologia. *Série Pedologia*, (9): 530 p.

- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - 1971 - Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, PE. *Bol. Técn.* (28) (Brasil, SUDENE / DRN). Div. de Agrologia. *Série Pedologia* (16): 301 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - 1976 - Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, PE. *Bol. Técn.* (38) (Brasil, SUDENE/DRN). Div. de Recursos Renováveis (*Série Recursos de Solos*, (7): 404 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - 1977 - Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, PE. *Bol. Técn.* (52). (Brasil. SUDENE/DRN). Div. de Recursos Renováveis. *Série Recursos de Solos*, (10): 735 p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - 1978 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal Rio de Janeiro, *Bol. Técn.* (53): 455 p.
- BRASIL - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - 1979 - Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais (Área de atuação da SUDENE). Recife. *Bol. Técn.* (60) (Brasil, SUDENE/DRN. Divisão de Recursos Renováveis. *Série Recursos de Solos*, (12): 407 p.
- BRASIL - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - 1980a - Levantamento semi-detalhado dos solos do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro (*mimeografado*).
- BRASIL - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - 1980b - Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro (inédito). Este trabalho engloba os

Boletins Técnicos n.ºs. 14, 16, 39, 40, 44, 54 e 56.

BRASIL - Projeto RADAM - 1982 - Levantamento de recursos naturais. *Geomorfologia das folhas* SF.23-ZB e SF.23-ZA. Rio de Janeiro (no prelo).

BREWER, R. - 1964 - *Fabric and mineral analysis of soils*, J.Wiley and sons, 470 p.

BROWN, G. - 1953 - The dioctahedral analogue of vermiculite. *Clay Min. Bull.* (2): 64-70.

BROWN, G. - 1955 - Report of the clay minerals group subcommittee on nomenclature of clay minerals. *Clay Min. Bull.* (2): 294-300.

BROWN, G. - 1972 - X-ray identification and crystal structures of clay minerals. *Miner. Soc. Clay Min. Group*. London, p. 393 - 445.

BROWN, G. & MACEWAN, D.M.C. - 1951 - X-ray identification and crystal structures of clay minerals. (Brindley, G.W., Editor). *Mineralogical Society*, London, p. 266-284.

BROWN, G.; NEWMAN, A.C.D.; RAYNER, J.H.; WEIR, A.H. - 1978 - The structure and chemistry of soil clay minerals. In: *The chemistry of soil constituents* (Greenland and Hayes, Editors). A Wiley-Interscience Publication. New York, p. 113-134.

BUOL, S.W. & ESWARAN, H. - 1978 - The micromorphology of oxisols. *Proc. of the 5th Int. Working Meeting on Soil Micromorphology*. Granada, 1: 325-347.

CAILLÈRE, S. et HENIN, S. - 1963 - *Mineralogie des argiles*, Masson Paris, 343 p.

CALVERT, C.S.; BUOL, S.W.; WEND, S.B. - 1980 - Mineralogical characteristic and transformation of a vertical rock-saprolite -

soil sequence in the North Caroline piedmont. II. Feldspar alteration products - their transformations through the profiles. *Soil Sci. Am. J.* (44): 1104-1112.

CARNEIRO, L.R.; ANTONELLO, L.L.; BEZERRA, T.C.L. - 1977 - Estudo micropedológico e pesquisa sobre a gênese de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico da região do vale do rio Doce, Minas Gerais. SNLCS/EMBRAPA. *Bol. Téc.* Recife, (43): 138 p.

CARVALHO, A. - 1970 - Study of Terra Roxa Estruturada and Latosolo Roxo on a Typographic Sequence in São Paulo State. Brazil. *Tese de Mestrado*. Univer. Newcastle upon Tyne.

CARVALHO, A. - 1976 - Solos da região de Marília, relações entre a pedogênese e a evolução do relevo. *Tese de Doutorado*, FFLC-USP. São Paulo, 163 p.

CERRI, C. C. - 1974 - Contribuição ao estudo das arenas graníticas. Caracterização mineralógica e química de uma toposequência da região de Itu, SP. *Tese de Mestrado - IG/USP*, São Paulo, 130 p.

CERRI, C. C. - 1979 - Alteração e pedogênese em áreas graníticas situadas sob diferentes condições bioclimáticas encontradas no Brasil. IG/USP, *Tese de Doutorado*, 241 p.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. de P. - 1982 - Decomposição de matéria orgânica marcada com ^{14}C e formação de biomassa microbiana em solo ácido do maciço de Piracicaba- SP. Brasil. In: *Anais do Col. Reg. sobre Mat. Orgânica do Solo*. CENA, p. 137-140.

CHARLOT, G. - 1966 - *Les méthodes de la chimie analytique. Analyse quantitative-minérale*. Masson et Cie, Editeurs. Paris, p. 251-566.

CHAUVEL, A. - 1976 - Recherches sur la transformation des sols

ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Évolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance (Sénégal). *Thèse Sci.*, Strasbourg, 495 p.

CHAUVEL, A.; SOUBIES, F.; MELFI, A. J. - 1983 - Ferralitic soils from Brazil: formation and evolution of structure. *Sci. Geol., Mém.*, (72): 37-46.

CHUCHROV, F.V.; ERMILOVA, L.P.; ZVYAGIN, B.B.; GORSKOV, A.I. - 1975 - Genetic system of hypogene of iron oxides. In: *Int. Clay Conf. México*, p. 275-286.

CORRENS, C.W. - 1963 - The experimental chemical weathering of silicates. *Clay Mineral. Bull.* 26(4): 249-264.

DABIN, B. - 1971 - Étude d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol. *Science du Sol*, (1): 47-63.

DABIN, B. - 1974 - A matéria orgânica do solo. Salvador, UFBA/IG. 104 p. (*mimeografado*).

DELVIGNE, J. - 1965 - Pédogênese en zone tropical. La formation des minéraux secondaires en milieu ferralitique. Paris, ORSTOM. *Mém. ORSTOM* (13): 117 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - 1979 - Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folhas: Rio de Janeiro (SF-23); Vitória (SF-24) e Iguape (SG-23). *Mapas e texto explicativo*, 240 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - 1981 - Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. *Escala*: 1:2.500.000.

DUCHAUFOR, P. - 1968 - *L'évolution de sols. Essai sur la dynamique des profiles*. Masson & Cia. Paris, 94 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA ACROPECUÁRIA. Serviço Nacional de

- Levantamento e Conservação de Solo - 1979 - *Manual de Método de Análise de Solo*. Rio de Janeiro - RJ.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo - 1981 - *Mapa de Solos do Brasil*. Escala: 1:5.000.000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo - 1984 - Definição e notação de horizontes e camadas do solo. Documento SNLCS nº 3 (cópia antecipada), 36 p.
- ESTADOS UNIDOS - 1951 - Soil survey manual. Washington, D.C. USDA. *Agriculture Handbook* (18): 503 p.
- ESTADOS UNIDOS - Soil Conservation Service. Soil Survey Staff - 1975 - Soil Taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D. C. USDA. *Agriculture Handbook*, (436): 754 p.
- ESWARAN, H.; HENG, Y.Y. - 1976 - The weathering of biotite in a profile on gneiss in Malaysia. *Geoderma* (16): 9-20.
- FANNING, D.S. & KERAMIDAS, V.Z. - 1977 - Micas. In: Dixon, J.B. & Weed, S.B. (Eds.), Minerals in soil environments. *Soil Sci. Soc. Amer.*, Madison, Wisconsin, U.S.A., p. 195-245.
- FAUCK, R. - 1972 - Contribution à l'étude des sols des régions tropicales. Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. Paris, *Mém. ORSTOM*. (13): 257 p.
- FISCHER, W.R. and SCHWERTMANN, U. - 1975 - The formation of hematite from amorphous iron (III) hydroxide. *Clays and Clay Minerals*, Washington D.C. (23): 33-37.
- FITZPATRICK, E.A. - 1980 - The micromorphology of soils. A manual for the preparation and description of thin section of soils. *Depart. Soil Sci, University of Aberdeen*. 208 p.

- FLACH, K.W.; CADY, J.G. & NETTLENTON, W.D. - 1968 - Pedogenic alteration of highly weathered parent materials. *An. 8th Int. Cong. Soil Sci.* IV: 343-351.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - 1977 - Geografia do Brasil. *Região Sudeste*. Rio de Janeiro, SERGRAF, (3): 1-47.
- GAC, J.Y. - 1968 - Les altérations de quelques roches cristallines des Vosges. Étude minéralogique et géochimique. *Thèse 3^e cycle*. Strasbourg, 77 p.
- GOLDICH, S.S. - 1938 - A study in rock weathering, *J. Geol.* (46): 17-23.
- GORBUNOV, N.I. - 1968 - Individual and interstratified minerals in soils and their identification by X-ray. *Sov. Soil Sci.* p. 1288-1300.
- GRADUSOV, B.P. - 1971 - X-ray study of minerals a mixed layer structure. *Sov. Soil Sci.*, p. 62-75.
- GRIM, R.E. - 1968 - Clay mineralogy. *Mac. Graw-Hill*, New York, 596 p.
- GRUNER, J.W. - 1934 - The structure of vermiculite and their collapse by dehydration, *Am. Min.*, p. 557-575.
- HARDY, F. - 1959 - Suple, entary report on the soils of experimental stations of Minas Gerais, Brazil. Turrialba. *Inter-american institute of agriculture sciences*.
- HARRASSOWITZ, H. - 1926 - Laterit Fortsch. *Geol. Paleont.* Berlin (4): 253-565.
- HARRIS, R.C. & ADAMS, J.A.S. - 1966 - Geochemical and mineralogical studies on weathering of rocks. *Am. Journ. Sci.*, (264): 146-173.

- HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. - 1976 - Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* São Paulo, 6 (3): 182-200.
- HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; ALMEIDA, M.A. & SANTOS, M.C.S.R. -1977- Compartimentação geomorfológica do Planalto Atlântico do leste paulista. *Atas do I Simp. de Geol. Regional*, SBG, p. 153-169.
- HASUI, Y. & ALMEIDA, A.A. - 1978 - Aspectos estruturais na geomorfologia da área cristalina de São Paulo e Paraná. In: *Congr. Bras. Geol., Anais da SBG*, 30, Recife, PE, vol. 1: 360-367.
- HASUI, Y. & FONSECA, M.J.G. - 1981 - O Pré-Cambriano da região costeira entre o Espírito Santo e Paraná. *Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil em 1:2.500.000* (inédito).
- HENDRICKS, S.B. and JEFFERSON, M.E. - 1938 - Crystal structure of vermiculite and mixed vermiculite-chlorite. *Am. Min.*, 23 : 851.
- HSU, P.H. - 1975 - Effect of temperature on the hydrolytic formation of Fe OOH or Fe₂O₃. In: *International Clay Conference*, México, p. 143-144.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - 1981a - Mapa geológico do Estado de São Paulo. *Monografias 6*, vol. I, Nota explicativa, 125 p. e vol. II, mapa escala 1:500.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - 1981b - Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. *Monografias 5* vol. I. Nota explicativa, 94 p. Vol. II, mapa escala 1:500.000.
- INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 1 - 1977 - *Proceedings* ed. por M.N. Camargo e F.H. Beinroth. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 376 p.
- JACKSON, M.L. - 1963 - Interlayering of expansible layer silica-

- tes in soils by chemical weathering. *Clays Clay Mineral.*, (11)
: 29-46.
- JACKSON, M.L. - 1964 - Chemical composition of soils. In: *Bear, F.E. (ed) Chemistry of the soil.*, 2^o ed. Reinhold Publ. Co. New York, p. 71-141.
- JACKSON, M.L. - 1969 - Soil Chemical analysis. *Advanced course*, 2nd Edition, 7th printing, 1973. Publ. Univ. of Wisconsin, Madison, 895 p.
- JACKSON, M.L. - 1970 - Interlaying of expansible layer silicates in soils by chemical weathering. *Trans. 11th Nat. Conf. Clays Clay Minerals*, 1962, 29-46.
- JEFFERY, P.G. - 1970 - *Chemical methods of rock analysis*: Pergamon Press., p. 22-24.
- JOHNSON, L.J. - 1964 - Ocorrence of regularly interstratified chlorite-vermiculite as a weathering product of chlorite in a soil. *Am. Min.*, 49: 556-572.
- JONGERIJUS, A. - 1970 - Some morphological aspects of regrouping in dutch soils. *Geoderma* (4): 311-319.
- JONGERIJUS, A. & RUTHERFORD, G.K. - 1979 - *Glossary of soil micro-morphology.*, p. 1-138.
- KAMPF, N. - 1981 - Die Eisenoxidmineralogie einer Klimasequenz bon Bôden aus Eruptiva in Rio Grande do Sul, Brazilian. *Tese de Doutoramento*. Freising-Weißenstephan, Technische Universität München, República Federal da Alemanha, 217 p.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - 1980 - Goethite and hematite in soil of Southern Brasil. *4th Meeting European Clay Groups. Abstracts Freising*, p. 78-79.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - 1982 - Quantitative determination

- of goethite and hematite in kaolinitic soils by x-ray dif fraction. *Clay Minerals*, (17): 359-363.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - 1983a - Goethite and hematite in a climo-sequence in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma*, Amsterdam, (29): 27-39.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - 1983b - Relações entre óxidos de ferro e a cor em solos cauliníticos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 7: 27-31.
- KAMPF, N. & DICK, D.P. - 1984 - Óxidos de ferro em cambissolos brunos no Rio Grande do Sul e sul de Minas Gerais. *Rev. Bras. Ci. Solo* 8: 183-188.
- KING, L. C. - 1956 - A geomorfologia do Brasil Oriental. *Rev. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, 18 (12): 147-265.
- KITTRICK, J.A. - 1973 - Mica-derived vermiculites as unstable intermediates. *Clays and Clay Minerals*, (21): 479-488.
- LAMOUREUX, M.; BOULEAU, A.; JANOT, Ch. - 1977 - Formes du fer des sols rouges et bruns fersiallitiques. Application de la spectrometrie Mössbauer. *Cah. ORSTOM, Série Pédologie*, 15 (2): 199-210.
- LENEUF, N. - 1959 - L'altération des granites calco-alcalins et des grano-diorites en Côte d'Ivoire Forastièrre, et les sols qui sont dérivés. *Thèse Doctorat-Fac.Sci.*, Paris, ORSTOM, 212 p.
- LEPRUN, J.C. - 1979 - Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse - Transformations - Régradation. *Sciences Géologiques, Mémoire n° 58*, (Thèse doctorat), 224 p.
- LEPSCH, I.F. & BUOL, S.W. - 1974 - Investigation in an oxisols -

- ultisols toposequence in São Paulo State, Brazil, *Soil Sci. Amer. Proc.*, (38): 491-496.
- LEWIS, D.G. & SCHWERTMANN, U. - 1979 - The influence of aluminium on the formation of iron oxides. IV. The influence of (Al), (OH), and temperature. In: *Clays and Clay Minerals* 27(3): 195-200.
- LOUGHNAN, F.C. - 1969 - *Chemical weathering of the silicate minerals*. American Elsevier Publishing Co. Inc. New York, 154 p.
- MAIGNAIN, R. - 1966 - Intensité de la ferralitization. Caractérisation des différents stades. *Cah. ORSTOM, série pédologie* (4): 21-24.
- MAISON, B. H. - 1971 - *Princípios de Geoquímica*. Ed. USP e Ed. Polígono, São Paulo, 403 p.
- MARTONNE, E. de - 1943 - Problemas morfológicos do Brasil Atlântico. *Rev. Bras. Geogr.*, São Paulo (4): 523-550.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. - 1960 - Iron oxide removal from soils and clays by a ditionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: *Nat. Conf. on Clays and Clay Minerals*, 7, Washington, D.C., 1958, Proc. New York, Pergamon Press, p.317-327.
- MELFI, A.J. - 1967 - Alteração de granitos e diabásios do município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo, SP. *Tese de Doutorado*, FFCL-USP, 166 p.
- MELFI, A.J. and LEVI, F. - 1972 - Geochemical and mineralogical study on the first stage of weathering of basic and related rocks. Part 1. Mineralogical study. *Rev. Bras. Geoc.*, 1(1):22-28.
- MELFI, A.J. & CERRI, C.C. - 1974 - Contribuição ao estudo da alteração superficial de rochas graníticas. In: *Congr. Bras. Geol.*,

- 27, Porto Alegre. *Anais*, 39-47
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. - 1977 - Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1. Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. *Rev. Bras. Geoc.* (4): 271-286.
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. - 1978 - Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 2. Considerações sobre os mecanismos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* (1): 11-22.
- MELFI, A.J.; PEDRO, G.; VOLKOFF, B. - 1979 - Natureza e distribuição dos compostos ferríferos nos solos do Brasil. *Rev. Bras. Ciên. Solos* 3 (1): 47-54.
- MELFI, A.J. & CARVALHO, A. - 1983 - Bauxitisation of alkaline rocks in Southern Brazil. *Int. Coll. CNRS. Petrology of weathering and soil.* Paris.
- MEKARU, T. & UEHARA, G. - 1972 - Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, (36): 296-300.
- MILLOT, G. - 1964 - *Géologie des argiles*. Masson et Cie., Paris, 499 p.
- MILLOT, G. - 1971 - Géochimie des altérations. Rapport sur les opérations concertées de la D.G.R.S.T. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24 (4): 181-217.
- MILLOT, G. & BONIFAS, M. - 1955 - Transformations isovolumetrique dans les phénomènes des latéritisation at bauxitisation. *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 8 (1): 3-20.
- MILLOT, G. & CAMEZ, T. - 1961 - Genesis of vermiculite and mixed-layer vermiculite in the evolution of soils of France. *Proc. 10th Nat. Conf. Clays and Clay Min.*, p. 90.

- MILLOT, G. & FAUCK, R. - 1971 - Sur l'origine de la silice des silicifications climatiques et des diatomites quaternaires du Sahara. *C.R. Acad. Sci. Serie D*, 272: 4-7.
- MULLER, M.R.F. & KLANT, E. - 1983 - Intemperismo de argilominerais em Latosso Roxo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 7: 33-38.
- MODENESI, M.C. - 1980 - Intemperismo e morfogênese no Planalto de Campos do Jordão - SP. *Rev. Bras. Geoc.* (10): 213-225.
- MODENESI, M. C. - 1984 - Significado dos depósitos correlativos Quaternários em Campos do Jordão-SP. Implicação paleoclimática e paleoecológicos. *Tese de Doutorado*, FFCL-USP, São Paulo, 177 p.
- MODENESI, M. C.; MATSUI, F.; VOLKOFF, B. - 1982 - Relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ nos horizontes húmiferos superficiais e nos horizontes escuros profundos dos solos de campo e mata na região de Campos do Jordão, São Paulo. Brasil. *An. do Col. Reg. Mat. Orgânica do Solo*, CENA/USP e PROMOCET, Piracicaba, p. 155-160.
- MONIER, A. - 1977 - Les mecanismes de l'altération des granites et le rôle des microsystemes. Étude des arenas du massif granitique de Pathernay (Deux-Sèvres). *Thèse Doctorat - Université de Poitiers, França*, 248 p.
- MORAES REGO, L. F. de - 1932 - Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. São Paulo. Inst. Astron. Geofísico, 43 p.
- NALOVIC, Lj. - 1971 - Comportement du fer en présence des éléments de transition dans la nature. *C.R.Acad.Sc., Paris*, (273): 1664-1667.
- NALOVIC, Lj. - 1974 - Recherches geochemiques sur les éléments de transition dans les sols. Étude expérimentale de l'évolution des composées ferriques au cours de la pedogênese. *Travaux et Documents n° 66*, ORSTOM, Paris, 235 p.

- NALOVIC, Lj. & PINTA, M. - 1972 - Comportement du fer en présence des éléments de transition. Étude expérimentale, deshydratation, dissolution. *C. R. Acad. Sc. Paris* (274): 628-631.
- NIMER, E. - 1979 - *Climatologia do Brasil*. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente. (4): 195-313.
- NORRISH, K. & TAYLOR, R.M. - 1961 - The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *Jour. of Soil Sci.*, Adelaide (12): 294-306.
- NOVIKOFF, A. - 1974 - L'altération des roches dans le massif du Chaillu (République Populaire du Congo): formation et évolution des argiles en zone ferrallitique. *Thèse Doctorat*, Fac. Sci. Nat., Strasbourg, 297 p.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; ROTTA, C.C. - 1975 - Solos do Parque Estadual de Campos do Jordão. Silvicultura em São Paulo. *Inst. Florestal da Secr. Agr.*, Estado de São Paulo, Coord. Pesq. Rec. Nat. (9): 125-155.
- OLIVEIRA, J.B.; VALADARES, J.M.A.; ROTTA, C.L. - 1976 - Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Itararé, SP. *Bragantia. Rev. Cient. do Inst. Agron. de SP.* Vol. 35 (26): 296-333.
- PEDRO, G. - 1964 - Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines. *Thèse Doctorat D'Etat*, Paris, 344 p.
- PEDRO, G. - 1965 - La classification des minéraux argileux. *Ann. Agron.*, vol. 16, Hors. Série I.
- PEDRO, G. - 1967 - Commentaire sur la classification et la nomenclature des minéraux argileux (AIPEA; Jérusalem, 1966). *Bull. Gr. Fr. Argiles* (19): 69-86.
- PEDRO, G. - 1966 - Essai sur la caractérisation géochimique des

différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle aluminosilicique). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 262 D: 1828-1831.

PEDRO, G. - 1968 - Distribution de principaux types d'altération chimique à la surface du globe. Présentation d'une esquisse géographique. *Revue Géol. Phys. Géol. Dyn.* X, 457-470.

PEDRO, G. - 1969 - A alteração das rochas em condições superficiais (perimorfismo). Caracterização geoquímica dos processos fundamentais. *Not. Geomorfol.*, Campinas, SP. 9(17):3-14.

PEDRO, G. - 1970 - L'évolution des sols et la caractérisation des phénomènes d'altération superficielle dans la zone basaltique du Brésil. *Rapport de Mission*, 53 p.

PEDRO, G. - 1973 - La pedogénèse sous les tropiques humides et la dynamique du potassium. *10^e Colloque Inst. Int. Potasse*, p. 23-49.

PEDRO, G. - 1979 - Altération des roches cristallines en milieu superficiel. *Bull. de L'Ass. Franc. pour l'étude du sol- Science du Sol* - Sém. I.N.R.A., Versailles. Numéros 2 e 3.

PEDRO, G. - 1983 - Structuring of some basic pedological processes. *Geoderma* (31): 289-299.

PEDRO, G. & DELMAS, A.D. - 1972 - Altération des roches ultrabasiques. In: *Encyclopedia Universalis*, Paris, p. 455-457.

PEDRO, G.; CHAUVEL, A.; MELFI, A.J. - 1976 - Recherches sur la constitution la genèse des terras roxas estruturadas du Brésil. Introduction à une étude de la pédogénèse ferrallitique. *Ann. Agron.* (27): 265-294.

PEDRO, G. & MELFI, A.J. - 1983 - The superficial alteration in tropical region and the lateritisation phenomena. In: *Proceedings of the II International Seminar on Lateritisation*

Processes, held in São Paulo, Brazil. July, 4-12.

PENALVA, F. - 1967 - Geologia e tectônica da região do Itatiaia. FFCL - USP, nº 302. *Bol. Geol.* (22): 94-196.

PESSOA, C.P.P.; RICHÉ, G.R.; RODRIGUES E SILVA, F.B. - 1979 - Desenvolvimento da estrutura de Podzólicos e Latossolos derivados de granulitos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15(3): 319-328.

POLYNOV, B.B. - 1937 - *The cycle of weathering*. Trad. por A. Muir, Londres, Murby & Co., 220 p.

POTTER, R.O. - 1977 - Caracterização de solos da Região dos Campos de Cima da Serra, RS. *Dissert. de Mestrado*, Fac. Agr., UFRGS, Porto Alegre, 176 p.

POTTER, R.O. & KÄMPF, M. - 1981 - Argilominerais e óxidos de ferro em Cambissolos e Latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. do Solos*, (3): 153-159.

QUANTIN, P. & LAMOUROUX, M. - 1974 - Adaptation de la méthode cinétique de Segalen à la détermination des constituants minéraux de sols varés. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.* (12): 13-46.

QUEIROZ NETO, J.P. - 1975 - Pedogênese do Planalto Atlântico. Contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira norte ocidental. *Livre-Docência*, FFLCH-USP. São Paulo, 270 p.

RESENDE, M. - 1976 - Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the central plateau of Brazil. Lafayette, Purdue University, *These Ph.D.*, 237 p.

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS, 1. - 1979 - *Anais*. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 276 p.

- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS - 1970 - *Súmula*. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS (SNLCS, *Série Miscelânea*, 1), 83 p.
- RIBEIRO FILHO, E. - 1967 - Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa-Quatro. Bol. FFCL-USP nº 302. *Bol. Geol.* (22): 1-93.
- RICH, C.I. & COOK, M.G. - 1961 - Formation of dioctahedral vermiculite in Virginia soils. *Proc. 10th. Nat. Conf. Clays. Clays Min.* 96.
- ROBERT, M. - 1970 - Étude expérimentale de la desagregation du granite et de l'évolution des micas. *Thèse Doctorat*, Paris. Fac. Sci., 194 p.
- ROBERT, M. - 1975 - Principes de détermination qualitative des minéraux argileux a l'aide des rayons X. *Ann. Agron.*, 26(4):363-399.
- ROBERT, M. & TESSIER, D. - 1974 - Méthode de preparation des argiles et des sols pour les études mineralogiques. *Ann. Agron.*, 25(6): 859-882.
- RODRIGUES E SILVA, F.B. - 1977 - Solos descarbonatados desenvolvidos sobre calcário Bambuí da Região Irecê, Bahia; características, gênese, classificação e potencial de fertilidade. Salvador, Inst. de Geoc., da UFBA. *Dissert. de Mestrado*, 131 p.
- RODRIGUES E SILVA, F.B.; CHAUVEL, A.; & MEDEIROS, L.A.R. - 1984 - Mineralogia e Micromorfologia de dois solos da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. *Trabalho apresentado no XIX Congr. Bras. Ci. do Solo*, Curitiba (no prelo).
- SATO, M. - 1965 - Structure of interstratified (mixed-layer) minerals. *Nature*, (208): 70-71.
- SBCS/SNLCS - 1982 - *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2ª Edição, Campinas - SP, 45 p.

- SCHWERTMANN, U. - 1966 - Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. *Nature*, London (212): 645-646.
- SCHWERTMANN, U. - 1971 - Transformation of hematite to goethite in soils. *Nature*, (232): 624-625.
- SCHWERTMANN, U. - 1973 - Use of oxalate for Fe extraction from Soil Sci., (53): 244-246.
- SCHWERTMANN, U.; FISCHER, W.R.; PAPENDOF, H. - 1968 - The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. In: *Int. Cong. Soil Sc. 9 Adelaide*. Trans. Adelaide International Society of Soil Science, vol. I: 645-655.
- SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D.G.; MURAD, E. - 1972 - Identification of ferrihydrite in soils by dissolution kinetics, differential X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy. *Soil Sci. Am. J.*, (46): 869-875.
- SCHWERTMANN, U. & FISCHER, W.R. - 1973 - Natural "amorphous" ferric hydroxide. *Geoderma*, Amsterdam (10): 230-247.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. - 1977 - Iron oxides. In: DIXON, J.B. editor. Minerals in soil environments. Madison, *Soil Sci. Soc. of Amer.*, p. 145-180.
- SEDDOH, F. - 1973 - Altération des roches cristallines du Morvan (granites, granophyres, rhyolites). Étude minéralogique, géochimique et micromorphologique. Dijon, 377 p.
- SEDDOH, F.K. & PEDRO, G. - 1974 - Caractérisation des différents stades de transformation des biotites chloritisées dans les arènes granitiques du Morvan. Conséquences minéralogiques et géochimiques sur l'évolution des micas dans les conditions de la surface du globe. *Bull. Gr. Fr. Argiles*, (26): 107-125.
- SEGALEN, P. - 1964 - Le fer dans les sols. *Initiations- Documents*

Technique, Paris, ORSTOM, 150 p.

- SEGALEN, P. - 1968 - Note sur la détermination des produits amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.* (6): 105-126.
- SILVA, A.T.S.F. & ALGARTE, J.P. - 1981 - Contribuição à geologia da seqüência Turvo-Cajati entre o Rio Pardo e Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. I - Litologia e Petrologia. In: *Simp. Reg. de Geol.* 3, Curitiba. Atas, SBG (1): 109-120.
- STEVENS, R.E. & CARRON, M.R. - 1948 - Sample field test for distinguishing minerals by abrasion pH. *Ann. Min.*, vol. 33.
- STOOPS, G.; & JONGERIUS, A. - 1975 - Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. *Geoderma*, (13): 189-199.
- STOOPS, G.; ALTEMULLER, H.J.; BISDOM, F.B.A.; DELVIGNE, J.; DOBROVOLSKY, V.V.; FITZPATRICK, E.A.; PANEQUE, G.; & SLEEMAN, J. - 1979 - Guidelines for the description of mineral alterations in soil micromorphology. *Pedologie*, XXIX (1): 121-135.
- SUDO, T. & HAYASHI, H. - 1956 - Types of mixed-layer minerals from Japan. *Proc. 4th Nat. Conf. Clays Clay Min.*, 389.
- SUDO, T. - 1963 - Interstratified minerals from Japan. *Proc. Int. Clay Conf.* (Stockholm) (1): 113.
- TARDY, Y. - 1969 - Géochimie des altérations - Étude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. *Mém. Serv. Géol. Als. Lorr.*, Strasbourg, 199 p.
- TARDY, Y. - 1971 - Characterization of the principal weathering types by the geochemistry of waters from some European and African massifs. *Chem. Geol.*, (7): 253-271.

- TOWNSEND, F.C.; & REED, L.W. - 1971 - Effects of amorphous constituents on some mineralogical and chemical properties of a panamanian latosol. *Clays and Clay Minerals*(19): 303-310.
- TRICART, J. - 1958 - Division morphoclimatique du Brésil Atlantique Central. *Revue de Geomorphologie Dynamique* (9): 22-38.
- TRICART, J. - 1965 - Principes et méthodes de la geomorphologie. *Masson et Cie.*, Edit., Paris, 496 p.
- TSAWLASSOV, G. - 1971 - Géochimie de l'altération des roches granitiques et gneissiques en pays tropical et équatorial. Evolution des biotites et des feldspaths. *Thèse Doctorat*, Strasbourg, 68 p.
- VERBEKE, R. - 1969 - Sur un procédé de fabrication de lames minces dans des roches peu cimentées et des sols. *Bull. Soc. Géol. de France* (7) - XI, 426-433.
- VETTORI, L. - 1969 - Métodos de análises de solos. EPFS, Min. Agric., Rio de Janeiro. *Bol. Téc.* n° 7.
- VOLKOFF, B. - 1977 - La matiere organique des sols ferrallitiques du nordeste du Brésil. *Cah. ORSTOM. Serie Pedologia*. (15): 61-75.
- VOLKOFF, B. - 1978 - Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos Latossolos da Bahia. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 2(1): 55-59.
- VOLKOFF, B. - 1983 - Iron constituents of Latossolic cover in Northeast Brasil. In: *Proceedings of the II International Seminar on Lateritization Processes* held in São Paulo, Brazil. July, p. 527-540.
- VOLKOFF, B. & CESAR, V.R. da S. - 1977 - Ferro nos Latossolos do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 1 (2/3): 85-92.
- VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. - 1978 - Quelques propriétés de l'humus

d'un sol ferrallitiques humifère sur granite du Paraná (Brésil). *Science du Sol*, (4): 269-280.

VOLKOFF, B. & RIBEIRO, L.P. - 1979 - O ferro em solos vermelhos Latossólicos e Podzólicos da região de Jequié (BA). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, vol. 3(3): 163-168.

VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. - 1979 - Les sols sur roches cristallines formés sous climat sub-tropical humide au Brésil. *Cah. ORSTOM, Sér. Pedol.*, vol. XVII, n° 3: 163-183.

VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. - 1981 - Húmus em solos da floresta amazônica na região do Rio Madeira. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 5: 15-21.

WACKERMANN, J. M. - 1975 - L'altération des massifs cristallins basiques en zone tropical semi-humide. Étude minéralogique et géochimique des arènes du Sénégal Oriental. Conséquences pour la cartographie et la prospection. *Thèse*, Strasbourg, ORSTOM, Paris, 373 p.

WEAVER, C.E. - 1956 - The distribution of mixed-layer clays in sedimentary rocks. *Am. Min.*, 41: 202-221.

WEAVER, C.E. - 1957 - The clay petrology of sediments. *Proc. 6th. Nat. Conf. Clays Clay Min.* 214.

A N E X O S

1. GLOSSÁRIO DE TERMOS MICROMORFOLÓGICOS EMPREGADOS

As descrições das organizações micromorfológicas foram feitas seguindo a terminologia de BREWER(1964), complementadas por BOCQUIER (1971), CHAUVEL (1976), STOOPS & JONGERIUS (1975), CARNEIRO et alii (1977), BUOL & ESWARAN (1978), BOULET (1978), JONGERIUS & RUTHERFORD (1979), LEPRUN (1979) e FITZPATRICK (1980).

As definições dos termos são unicamente descritivas, de maneira a evitar implicações genéticas.

A. Os constituintes do material do solo

- *Fundo matricial ou Matriz-S*: constituído pelo esqueleto, plasma e vazios; não estão incluídas as feições pedológicas.

- *Feições pedológicas*: unidades reconhecíveis dentro do material do solo, que são distinguíveis do material circundante, por qualquer razão, por diferenças em concentração ou diferenças no arranjo dos constituintes. De acordo com a origem, podem ser divididas em duas classes: formadas "in situ" (concentrações plásmicas, separações plásmicas...) e herdadas de estruturas conservadas da rocha-matriz (litorrelíquias).

- *Plasma*: material de granulação muito fina para ser determinado opticamente. O plasma é composto de materiais minerais (argilas e siltes finas), orgânicas e solúveis.

- *Esqueleto*: minerais primários de tamanho suficiente para ser identificado ao microscópio óptico; compreende as frações silte grosso até areia grossa.

- *Cutans*: são concentrações ou diferenciações do plasma ou de produtos solúveis. Podem ser encontradas nas superfícies

cies dos grãos do esqueleto, dos agregados e paredes dos vazios. Os cutans podem ser diferenciados pela natureza dos constituintes, por exemplo: ferro-argilans, goethans, gibbsitans...

- *Glêbula*: unidade tridimensional individualizada dentro da matriz-S (inclui nódulos, concreções, pápulas...).

- *Nódulos*: um tipo de glêbula; são concentrações de conjuntos internos indistintos, constituídos por óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio, manganês, etc, onde pode-se reconhecer a estrutura de material da rocha-matriz (litorrelíquias) e do solo (pedorrelíquias).

- *Vazios*: são os espaços não ocupados por constituintes minerais ou orgânicos, e que podem ser de diversos tamanhos e tipos, conforme BREWER (1964).

- *Alteroplasma*: Plasma que tem origem "in situ", pela alteração de minerais primários e que ainda não sofreu uma reorganização (BOULET, 1978).

- *Pedoplasma*: plasma do solo que sofreu sua reorganização dos constituintes por pedoplasmação, como definem FLACH et alii (1968).

B. As organizações

a. Distribuição relativa à organização do plasma em relação ao esqueleto.

- "*Porphyric*" ou *porfiroquelica*: os grãos do esqueleto encontram-se isolados no seio de um plasma contínuo ou quase contínuo.

- "*Enaulic*" ou *aglomeroplasma*: o plasma entre os grãos do esqueleto encontra-se agrupado (agregado) e incompleto.

- "*Gefuric*" ou *intertéctica*: os grãos de esqueleto estão ligados por pontes de plasma ou situados dentro de um plasma muito poroso.

b. Estruturas plásmicas (BREWER, 1964)

As frações muito finas, não determinadas ao microscópio óptico, podem se organizar apresentando orientações que se diferenciam em luz polarizada (L.P.).

- Plasma "*asepic*": sem separações plásmicas; sua classificação depende da natureza do plasma, que pode ser "*argilasepic*" (argila), "*silasepic*" (silte)...

- Plasma "*sepic*": com orientações plásmicas; pode ser de vários tipos: separações em ilhas = "*insepic*"; em torno dos vazios = "*vosepic*"; em torno dos grãos do esqueleto = "*skel-sepic*"; em estriações complexas e emaranhadas = "*omnisepic*"; estriações com uma ou mais orientações = "*masepic*".

2. DESCRIÇÃO MACRO E MICROSCÓPICA

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - NF1

DATA - 24.04.80

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO ÁLICO latossólico A proeminente textura média *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo forte ondulado substrato biotita gnaiss*.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada Cachoeira de Macacú - Nova Friburgo, pouco antes do km 66, entrando-se 450 metros à direita, nas áreas do Sítio da Figueira. Nova Friburgo - RJ. 22° 19' S- 42° 28' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira localizada em terço médio de encosta, em zona forte ondulada a montanhosa, com declives acentuados, da ordem de 45%. Floresta primária.

ALTITUDE - 1.190 metros.

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Biotita-gnaiss. Grupo Serra dos Órgãos. Pré-Cambriana Médio a Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Ausente.

ROCHOSIDADE - Blocos de rocha esparsos na superfície do solo.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL - Montanhoso e forte ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia úmida, transitando para floresta altimontana.

USO ATUAL - Nenhum.

CLIMA - Cfb de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Elias P. Mothci.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- O₁ - 2 - 0 cm; horizonte constituído por detritos vegetais se mi-decompostos.
- A₁ - 0 - 12 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido amassado) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); franco-arenoso; fraca a moderada pe-

quena e média granular e grãos simples; muitos poros muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição gradual e plana.

A₃ - 12 - 22 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) , bruno (10YR 4/3, úmido amassado) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seco): franco-arenoso; fraca muito pequena a média blocos subangulares e pequena granular; muitos poros muito pequenos e pequenos, poucos médios; macio, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

(B₁) - 22 - 43 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) e mosqueado comum pequeno a médio e distinto, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-arenoso; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares, ligeiramente coeso; poros comuns muito pequenos e pequenos, poucos médios; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

(B₂₁) - 43 - 84 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); franco-arenoso; fraca pequena e média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

(B₂₂) - 84 - 130 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); franco-arenoso; fraca pequena e média blocos subangulares e moderada muito pequena granular; muitos poros muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara a gradual e plana.

(B₃) - 130 - 155 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-arenoso com cascalho; fraca pequena blocos subangulares e angulares, muitos poros muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada (15-35 cm).

C - 155 - 170 cm⁺; horizonte constituído de rocha alterada em mistura com terra fina semelhante ao do horizonte B₃; franco-arenoso.

Raízes - Muitas, muito finas e finas, comuns médias e poucas grossas no A_1 e A_3 .

Comuns, muito finas e finas, poucas médias e raras grossas no (B_1). Raras, muito finas e finas no (B_{21}), (B_{22}) e (B_3).

Observações - 1) Presença de cascalhos e calhaus de quartzo semi-arrestados ao longo do perfil em quantidade pequena;

2) foi observado na massa do subhorizonte (B_{22}) um bloco de rocha semi-alterada; e

3) intensa atividade biológica no A_1 e A_3 .

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

350 cm⁺;

rocha: biotita gnaiss; coloração cinzenta, bandada, com alternância de faixas claras e escuras, constituídas por minerais félsicos (feldspatos e quartzo) e máficos (biotita). Apresenta textura granulo-lepidoblástica com tendência porfiroblástica. O domínio é de feldspato alcalino (microclínio), acompanhado de quartzo e plagioclásio (oligoclásio), além de biotita, muscovita, opacos e zircão. Observações adicionais de campo, permitem considerar esta litologia como sendo um neossoma de um migmatito (ESTAMPA III - Foto 1).

155 - 170 cm; *horizonte de alteração C*: dominância de um fundo matricial de alteração (BOULET, 1978), com estruturas conservadas da rocha-matriz. Este fundo matricial apresenta-se fortemente ferruginizado e contém um esqueleto constituído por grãos de quartzo (20%), feldspato (20%) alterado em material amorfo, no qual se observam cristais de gibbsita e finas palhetas da biotita (10%) pseudomorfizada em minerais de camada mista hidroxialuminosos (ESTAMPA III - Fo

to 2). Localmente entre os volumes do fundo matricial de alteração, pode ser observado um material (40%) com distribuição cutânica, de coloração amarelada em L.N.⁽¹⁾ e muito escura ou quase preta em L.P.⁽²⁾, que corresponde aos produtos amorfos. Os vazios (10%) são fissurais e mais ou menos preenchidos pelos amorfos e gibbsita secundária.

84 - 130 cm; horizonte (B₂₂)

Fundo matricial ou Matriz-S⁽³⁾

Esqueleto: abundante, 55% do volume total do F.M., com dominância de grãos de quartzo (45%), angulosos e arredondados, alguns corroídos, de tamanho médio a grosseiro (50 - 1000 µm); 7% de biotita bastante alterada, sob forma de finas palhetas (5-100 µm); 3% de feldspatos gibbsitizados, e traços de minerais pesados. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA III - Foto 3).

Plasma: representado por 30% do volume total do F.M.; de coloração amarelo-brunada (10YR 6/8, L.N.) e bruno- escura (10YR 3/3, L.P.). A estrutura plásmica é caracterizada pela ausência de orientações relativas dos constituintes argilosos, sendo portanto, do tipo "argillasepic", segundo BREWER (1964).

Vazios: representam 15% do volume total do F.M., sendo principalmente microfissurais "craze planas" (5-20 µm), distribuídos dentro dos agregados maiores, e vazios inter agregados grosseiros (100 - 500 µm), localmente delimitados por grãos grosseiros de quartzo. Todos os vazios são orto (não alisados) e comunicantes (ESTAMPA III - Foto 4).

(1) L.N. - Luz plana.

(2) L.P. - Luz polarizada ou nicóis cruzados.

(3) F.M. - Matriz S (BREWER, 1964).

Distribuição relativa: é caracterizada pela dispersão dos grãos do esqueleto dentro do plasma contínuo, sendo portanto, do tipo "porphyric", segundo STOOPS and JONGERIUS (1975). Em alguns lugares, pequenos agregados do plasma preenchem parcialmente os espaços entre os grãos do esqueleto grosseiro, sendo a distribuição do tipo "enaulic", segundo STOOPS and JONGERIUS (op.cit.).

Pedalidade: observa-se que o conjunto do F.M. tende a dividir-se em "micropeds" de forma subangular, com 0,2 mm a 1 mm de diâmetro médio, parcialmente delimitados por microfissuras (ESTAMPA III - Foto 4).

Feições Pedológicas

Glêbulas: as únicas feições pedológicas observadas são as glêbulas e mais precisamente, os nódulos. Dentre estes destacam-se:

- Os mais grosseiros, de tamanho médio de 5 mm, são constituídos por um esqueleto de grãos de quartzo corroídos (5%) e um plasma ferruginoso bruno-avermelhado e vermelho escuro, com estrutura plásmica "silasepic". Dentro destes nódulos, observam-se litorrelíquias de biotita alterada, principalmente na sua parte central. Inclui também, cristalárias de gibbsita, com os cristais dispostos perpendicularmente às superfícies que as revestem (estas cristalárias incluem fragmentos de biotita alterada e um plasma ferruginoso sob a forma de rede) e vazios circundados por "goethans" e "gibbsitans" (ESTAMPA III - Foto 5).
- Os mais finos, medindo de 1 a 2 mm apresentam-se como fragmentos dos grosseiros, já descritos.

De maneira geral, estes nódulos aparecem como litorrelíquias muito alteradas, constituídas principalmente por óxidos de ferro e gibbsita.

0 - 12 cm; *horizonte humífero-A1*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 30% do volume, predominantemente quartzoso (27%), grãos angulares e subangulares de tamanho desde pequenos a grosseiros (20 - 1000 μm); 2% de grãos de feldspatos, gibbsitizados (ESTAMPA III - Foto 6). A distribuição básica é aleatória.

Plasma: relativamente pouco abundante (30% do volume), de coloração bruno-amarelado-escura (10YR 4/4, L.N.) e bruno-escura (10YR 3/2, L.P.), inclui fragmentos de matéria orgânica muito escuros ou quase pretos, de tamanho variando de muito pequenos até 50 μm . A estrutura plasmica é do tipo "argillasepic", isto é, sem nenhuma orientação de seus constituintes (ESTAMPA III - Foto 7).

Vazios: abundante, representando cerca de 40% do volume do F.M. são principalmente fissurais "craze planes" pequenos e interagregados grosseiros, intercomunicantes.

Distribuição relativa: a disposição dos grãos do esqueleto em relação ao plasma é principalmente do tipo "enaulic" e em alguns pontos "porphyric".

Pedalidade: observa-se que o plasma tende a dividir-se em agregados de tamanho médio (500 μm), que se subdividem em agregados muito pequenos (50 - 100 μm).

Feições Pedológicas

Nódulos: as únicas feições pedológicas observadas são pequenos nódulos ferruginizados e gibbsitizados (litorrelíquias) de forma arredondada e diâmetro médio de 100 - 100 μm (ESTAMPA III - Foto 6). A atividade biológica é evidenciada pela presença de finos agregados (5 - 20 μm) que se apresentam preenchendo alguns canais.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - NF2

DATA - 24.04.80

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderada textura média *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo forte ondulado substrato biotita gnaissse.*

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada Cachoeira de Macacú - Nova Friburgo, pouco antes do km 66, entrando-se 300 metros à direita, em áreas do sítio Figueira. Nova Friburgo - RJ. 22° 19' S - 42° 30' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Terço médio inferior de encosta com declive de 40%. Floresta primária.

ALTITUDE - 1.125 metros.

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Biotita-gnaissse. Grupo Serra dos Órgãos. Pré-Cambriano Médio a Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada, retrabalhadas por coluvionamento.

PEDREGOSIDADE - Raros calhaus na superfície do solo.

ROCHOSIDADE - Blocos de rocha esparsos na superfície do solo.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado

RELEVO REGIONAL - Montanhoso e forte ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira a moderada

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia úmida, transitando para floresta altimontana.

USO ATUAL - Nenhum.

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Elias P. Mothci.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁ 0 - 5 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido amassado), bruno (10YR 5/3 seco e seco destorreado); franco-arenoso; fraca pequena blocos subangulares e fraca muito pequena granular; poros comuns muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- (B₁) 5 - 20 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) e mosqueado comum pequeno a médio e distinto, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-arenoso; fraca pequena a média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e poucos médios; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- (B₂) 20 - 40 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e (10YR 6/6, seco); franco-argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos, pequenos e pouco médios; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso, transição clara e plana.
- (B₃) 40 - 70 cm; bruno-forte (7,5YR 5,5/6, úmido); franco-arenoso; fraca média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada (25 - 35 cm).
- C 70 - 150 cm⁺; material de alteração com estrutura conservada, constituído principalmente de feldspatos bastante friáveis (alterados) e biotitas bastante intemperizadas (ferruginizadas); textura franco-arenosa.

Raízes - Enraizante superficial pouco abundante, com raízes comuns, muito finas e finas no A₁ e (B₁); poucas, muito finas e finas no A₁ e (B₁); raras, muito finas no C.

Observações - 1) O solo apresenta em horizonte O₁ de 1 cm;
2) aproximadamente 5% da superfície do solo está coberta com afloramentos de rocha.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

250 cm⁺ - *rocha*: biotita-gnaiss; coloração cinzenta, bandada, com alternância de faixas claras e escuras, constituídas por minerais fêlsicos (feldspatos e quartzo) e máficos (biotita). A rocha deste perfil, pode ser considerada a mesma do perfil anterior (NF1).

70 - 150 cm⁺ - *horizonte de alteração C*: rico em minerais com estrutura conservada da rocha-matriz. O esqueleto é abundante (85%) e constituído por biotita em diversos estágios de alteração que representam 45% do total (ESTAMPA III - Foto 7). Elas passam lentamente a um plasma de alteração de coloração amarelo-brunada (10YR, 6/6, L.N.) e bruno-amarelada, (10YR 5/8, L.P.), pouco abundante (5%), que apresenta uma certa orientação paralela aos planos de clivagens das biotitas. Portanto, esta orientação é reflexo da estrutura cristalina primária e não uma organização do plasma neoformado, sendo assim, do tipo "silasepic" (BREWER, 1964 e BOULET, 1978). Os microclínios representam 10% do esqueleto e ainda estão com suas estruturas conservadas, porém transformadas em materiais amorfos e gibbsitas, enquanto que os plagioclásios (15%) estão quase que totalmente alterados em gibbsita. O quartzo representa 15% e aparece desde grãos finos a grosseiros e formas angulares e subangula

res. Os vazios (15%) são fissurais, com algumas câmaras e canais mais ou menos preenchidas com produtos amorfos.

40 - 70 cm - *horizonte (B₃)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 65% do volume total do F.M. , com predominância de biotita alterada (40%); grãos de quartzo (20%) angulares a subangulares, desde finos a grosseiros (150 - 1000 µm); 5% de plagioclásios e microclinas totalmente alteradas em gibbsita de granulação fina (algumas cristalárias); traços de zircão e opacos. A distribuição básica do esqueleto é aleatória.

Plasma: 15% do volume total; de coloração bruno-amarelada (10YR 5/6, L.N.) e bruno-amarelado-escura (10YR 4/4, L.P.); a estrutura plásmica é caracterizada pela ausência de orientação relativa dos constituintes argilo-siltosos "argillasepic".

Vazios: constituem 20% do volume total do tipo fissural intercomunicante "craze planes", finos a grosseiros (5 - 100 µm) e algumas câmaras (50 - 100 µm).

Distribuição relativa: é caracterizada pela dispersão dos grãos do esqueleto dentro do plasma contínuo, sendo portanto "porphyric".

Pedalidade: difícil de ser observada devido à pouca quantidade de plasma. Nota-se entretanto, uma leve tendência à formação de "micropeds" delimitados por fissuras.

Feições Pedológicas

Glêbulas: as únicas feições pedológicas observadas são raros nódulos ferruginosos, de forma arredondada e tamanho pequeno de 5 - 50 μm , com gibbsita inclusa.

20 - 40 cm - *horizonte* (B_2)

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 55% do volume total do F.M.; com predominância de grãos de quartzo (35%), angulares, alguns corroídos e diâmetro médio de 20 a 100 μm ; 20% de biotita alterada (pseudomorfizada em minerais de estrutura 2:1 hidroxialuminosos e óxidos); 4% de feldspato alterado em gibbsita; e 1% de cristais isolados de gibbsita. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: distribue-se entre os limites de 15 e 40% do F.M., sendo o valor médio de cerca de 30%. Coloração amarelo-brunada (10YR 6/8 L.N.) e bruno-escura (7,5YR 4/4, L.P.). A estrutura plásmica é "argillasepic" a "silasepic", isto é sem separações plásmicas.

Vazios: 15% do volume total do F.M. é representado por vazios fissurais "craze planes" (5 - 50 μm), distribuídos de maneira homogênea no plasma. Existe entretanto, fissuras mais largas (50 - 100 μm). Ocorrem também câmaras grandes (100 - 500 μm), localmente delimitadas pelo plasma e por grãos de quartzo. Todos os vazios são intercomunicantes e erto (não alisados).

Distribuição relativa: "porphyric" a "enaulic" (ESTAMPA III - Foto 8).

Pedalidade: o plasma, embora pouco abundante, apresenta uma tendência geral forte para a formação de "micropeds", principalmente delimitados pelo sistema fissural interpe

dal. Estes "micropeds" apresentam formas de blocos subangulares, com diâmetro médio de 0,2 a 1 mm.

Feições Pedológicas

Glêbulas: nódulos são as únicas feições pedológicas observadas. Foram constatados apenas dois nódulos principais:

O primeiro é arredondado, de tamanho pequeno (1 mm), sendo constituído predominantemente por material ferruginoso, com limites nítidos, quase opaco, isótropo, e sem inclusões. Sua constituição interna é densa, sem poros visíveis na magnificação utilizada (35 X).

O segundo tem forma irregular, aproximadamente de bloco subangular, com 0,8 mm de diâmetro médio. Apresenta um plasma ferruginoso, com limites nítidos e inclusões de quartzo e biotita alterada, com poucos poros e um pouco de plasma do fundo matricial envolvente. O arranjo interno consiste em micronódulos arredondados (20 - 50 μ m), de modo que o nódulo também pode ser descrito como um conjunto desses micronódulos ou como zona de concentração destes.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - NF3

DATA - 16.06.81

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO HÚMICO ÁLICO textura argilosa *fase floresta tropical perenifólia úmida relevo ondulado.*

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Perfil localizado a 4 km do Hotel San Souci, em corte de estrada, lado esquerdo da rodovia Nova Friburgo - Vargem Grande. Nova Friburgo - RJ. 22° 15' S - 42° 30' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - situado em terço médio superior de elevação, com declive aproximado de 10%. Floresta primária.

ALTITUDE - 950 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Gnaisses migmatizados do Grupo Serra dos Órgãos. Pré-Cambriano Médio a Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração das rochas supracitadas.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado a montanhoso

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Bem acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia úmida

USO ATUAL - Nenhum

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Elias P. Mathci

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ 0 - 30 cm, bruno escuro (7,5YR 3,5/2 úmido), bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido amassado), bruno escuro (10YR 3/3, seco) e bruno (10YR 4/3, seco triturado); argila; moderada a forte, muito pequena a pequena granular e grãos simples; muitos poros muito pequenos, pequenos e comuns médios; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- A₃ 30 - 95 cm, bruno (7,5YR 4,5/4, úmido), bruno (7,5YR 4/4, úmido amassado), bruno amarelado (8,5YR 5/4, seco) e bruno amarelado claro (10YR 5,5/4, seco triturado); argila; moderada pequena a média blocos subangulares e muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada (50 - 80 cm).
- B_{w1} 95 - 130 cm, bruno-forte (7,5 YR 5/6); argila; moderada pequena a média blocos subangulares com aspecto de maciça, pouco coesa "in situ"; muitos poros muito pequenos e pequenos, duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada (30 - 40 cm).
- B_{w21} 130 - 210 cm, bruno-forte (7,5YR 5/7); argila; moderada pequena a grande blocos subangulares com aspecto de maciça coesa "in situ"; duro, friável a firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{w22} 210 - 275 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8); argila, moderada a forte pequena a grande blocos subangulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{w23} 275 - 370 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6); argila; moderada média blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B_{w3} 370 - 500 cm, vermelho-amarelado (3,5YR 5/8); argila; moderada pequena a média blocos subangulares, duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- C 500 - 560⁺cm, horizonte constituído por material em relativo estado de intemperização.
- Raízes* Abundantes no A₁, muitas no A₃ e raras no B_{w1}. Raras muito finas e finas no B_{w2}.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

370 - 500 cm; *horizonte* B_{w3}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 25% do volume do F.M.; constituído quase que exclusivamente de grãos angulares e subangulares do quartzo (23%), fissurados e corroídos, de tamanho desde pequenos a grosseiros (20 - 1000 μ m); 1% de grãos complexos de gibbsita de forma arredondada a palhetas de biotita alterada; 1% de fragmentos de material goethítico, com estrutura tipo "box work"; e traços de material opaco. A distribuição básica é aleatória, sem nenhuma disposição preferencial dos grãos (ESTAMPA IV - Foto 1).

Plasma: abundante, representando 60% do F.M., de coloração bruno-forte (7,5YR 5/6, L.N.) a bruno-escuro (7,5YR 4/5, L.P.). O plasma é "argilasepic", com muito fraca e difusas orientações plásmicas dos tipos "skelsepic" e "vosepic", segundo BREWER (1964).

Vazios: 15% do volume, dos tipos fissurais aplainadas "craze planes" e irregulares "skew planes", de largura média de 5 - 20 μ m, algumas câmaras de tamanho médio a grande (20 - 50 μ m).

Distribuição relativa: é do tipo "porphyric".

Pedalidade: material predominantemente apédico, com leve tendência à formação de pedis em blocos subangulares de 1 a 2 mm de diâmetro médio, delimitados por fissuras muito finas.

Feições Pedológicas

Cutans: raras e fracas separações plásmicas mais ou menos ligadas aos grãos de esqueleto "skelsepic" e aos vazios "vosepic" segundo uma ou duas orientações.

Glêbulas: mais precisamente nódulos, que são de dois tipos:

- pequenos (< 50 μ m) nódulos ferruginosos de goethita,

apresentando-se como fragmentos com estrutura do tipo "box work".

- pequenos (20 a 100 μm) nódulos gibbsíticos que aparecem como resultado da evolução de feldspatos, sendo mais abundantes que no horizonte B_{w22} .

210 - 275 cm; Horizonte B_{w22}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 25% do volume da F.M.; com predomínio de grãos de quartzo (23%), angulares e subangulosos, fissurados e corroídos, de tamanho desde muito pequeno a grosseiro (20 - 100 μm); 1% de grãos complexos de gibbsita (feldspatos alterados) com finas palhetas de biotita inclusas; 1% de biotita alterada, fragmentos de nódulos ferruginosos "box work" de goethita e material opaco. A distribuição básica é do tipo aleatória, sem nenhuma disposição preferencial dos grãos.

Plasma: abundante, 60% do volume total do F.M.; de coloração bruno-forte (7,5YR 5/8, L.N.) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, L.P.): o plasma é do tipo "argillasepic" com tendência a "masepic", com orientações plásmicas fracas e difusas, orientadas segundo uma ou duas direções (BREWER, 1964), principalmente ao redor dos grãos do esqueleto "skelsepic" e dos vazios "vosepic". Esta característica "ma-skel-sepic" é fraca.

Observa-se com um aumento maior que a coloração do plasma é influenciada pela presença de micronódulos (5 - 10 μm) vermelhos, de forma irregular a arredondados e limites difusos.

Vazios: 15% do volume do F.M., dos tipos fissurais e aplainadas "craze planes" e irregulares "skrew planes" de largura média de 10 μ ; vazios interagregados de empilhamento grosseiro (> 100 μ), existem nos volumes microagregados, e algumas câmaras médias.

Distribuição relativa: neste material existem dois tipos: "porphyric" (50% de volume) e "enaulic" no restante (ESTAM-PA IV - Foto 2).

Pedalidade: O material apresenta um aspecto apédico, com leve tendência à formação de "peds" em blocos subangulares, com 1 a 2 mm de diâmetro médio; o plasma também é predominantemente contínuo, porém apresenta em algumas zonas uma tendência à formação de "micropeds" arredondados de diâmetro médio de 0,5 mm, com ou sem inclusões de grãos (microagregação moderada).

Feições Pedológicas

Cutans: raras e difusas separações plásmicas, mais ou menos ligadas aos grãos do esqueleto grosseiro e aos vazios fissurais.

Glêbulas: mais precisamente nódulos, que podem ser de dois tipos:

- pequenos ($< 100 \mu\text{m}$) nódulos ferruginosos constituídos de goethita, onde os pequenos cristais componentes das camadas goethíticas apresentam uma disposição perpendicular ao comprimento da camada. As camadas goethíticas apresentam, sob nicóis cruzados (L.P.), birrefringência variando de vermelho-escura a amarelo-esverdeada, passando por vermelha, laranja e amarelo. Estes nódulos apresentam-se como fragmentos do tipo "box work".
- nódulo ferruginoso com estrutura cavernosa, com algumas inclusões de grãos entre as paredes, com delimitações irregulares, porém nítidas e forma aproximada de bloco subangular, com 1 mm de diâmetro médio.

Pedotubos: alguns volumes microagregados correspondem a pedotubos de 5 a 10 mm de diâmetro médio. A forma desses agregados ($100 \mu\text{m}$) é mais arredondada do que os

outros agregados existentes, porém a constituição é comparável.

95 - 130 cm; *horizonte B_{w1}*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representado por 35% de F.M.; constituído por grãos de quartzo (34%), angulosos e subangulares de tamanho variando de 50 - 1000 μ m; 1% de fragmentos de feldspatos totalmente gibbsitizados, variando de 20 - 100 μ m e raros maiores, em torno de 500 μ m; e traços de biotita alterada e material opaco. A distribuição básica é aleatória sem qualquer disposição preferencial.

Plasma: 50% do volume total da F.M.; de coloração amarelo-avermelhada (7,5YR 5/8, L.N.) e bruno (7,5YR 5/2, L. P.). Trata-se de um plasma "argilasepic" com leve tendência à formação de orientações plásmicas muito fracas e difusas ao redor dos grãos do esqueleto e vazios "skel-vosepic" (ESTAMPA IV - Foto 3).

Vazios: 15% do volume total, representados por fissuras finas a grosseiras (5 - 50 μ m) e câmaras médias e grandes (50 - 100 μ m).

Distribuição relativa: é do tipo "porphyric" em 60% de volume total e "enaulic" no restante (40%).

Pedalidade: o material é aparentemente apédico, apresentando uma leve tendência à formação de "peds" em blocos subangulares, com 1 a 2 mm de diâmetro médio. O plasma apresenta-se contínuo, porém em algumas zonas, existe formação de microagregados arredondados de diâmetro médio de 0,5 mm.

Feições Pedológicas

Cutans: raras e muito fracas separações plásmicas ao redor dos grãos e vazios.

Glêbulas: mais precisamente nódulos, que são de dois tipos:

- nódulos ferruginosos com inclusão de gibbsita, de forma angular e tamanho variando de 20 - 100 μ m.
- nódulos pequenos (50 μ m), constituídos por fragmentos de "box work" (ESTAMPA IV - Foto 3).

0 - 30 cm; *horizonte A*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 20% do volume total do F.M.; constituído predominantemente de grãos de quartzo (19%), angulares e subangulares (50 - 1000 μ m); 1% de fragmentos de feldspatos gibbsitizados de forma subangulares e medindo 20 - 100 μ m; traços de fragmentos pequenos de matéria orgânica. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: menos abundante que o horizonte anterior (30%), de coloração vermelho-amarelada (5YR 5/6, L.N.) e bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3, L.P.); a estrutura plásmica é do tipo "argillasepic" isto é, sem orientações plásmicas (ESTAMPA IV - Foto 4).

Vazios: abundantes (50%) e intercomunicantes, representados por fendas desde finas a grosseiras (5 - 100 μ) preenchidas parcialmente por pequenos agregados, câmaras médias a grandes (50 - 100 μ m) e canais (20 - 50 μ m); vazios de empilhamento grosseiros (> 100 μ m) existem nos volumes microagregados.

Distribuição relativa: é de dois tipos "porphyric" (80% de volume) e "enaulic" no restante.

Pedaliidade: o material apresenta-se microagregado devido principalmente à atividade biológica. Existem alguns volumes maiores (macropeds) delimitados por vazios fissurais que apresentam-se subdivididos em "micropeds".

Feições Pedológicas

Glêbulas: poucos e pequenos nódulos ferruginosos com cristais de gibbsita inclusos; raros nódulos totalmente gibbsitizados de tamanho médio entre 10 - 20 µm (litorrelíquias).

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - AI1

DATA - 26.11.81

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÚMICO Tb ÁLICO textura argilosa *fase floresta subtropical perúmida de altitude relevo forte ondulado substrato nefelina-sienito.*

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - lado direito, 500 metros antes do km 7 da estrada para o pico das Agulhas Negras, contados a partir de entroncamento (Garganta do Registro) com a BR-354. Engenheiro Passos-Caxambu. Itamonte-MG. 22° 21' S - 44° 42' W

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Perfil localizado em terço médio inferior de encosta, com declive da ordem de 30%, sob cobertura florestal primária

ALTITUDE - 2 - 120 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Nefelina-sienitos do maciço alcalino de Passa Quatro. Mesozóico-Cretáceo Inferior

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração das rochas supracitadas

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Forte ondulado, integrando vale intramontano

RELEVO REGIONAL - Montanhoso a escarpado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida de altitude

USO ATUAL - Reserva florestal

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Boris Volkoff

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- O₁ 8 - 0 cm; *horizonte de constituição orgânica*: representa do por detritos vegetais semi-decompostos, com uma pequena quantidade de grãos de areia lavada; transição abrupta e plana.
- A₁₁ 0 - 20 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-escuro (10YR 3,5/3, seco); argila; moderada pequena a média granular; poros comuns muito pequeno e pequenos, poucos médios e grandes; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₁₂ 20 - 40 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 4/3, seco): argila; forte pequena e média blocos subangulares e granular; poros comuns muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₃ 40 - 55 cm; bruno (10YR 3/3, úmido); muito argilosa; forte pequena a média blocos subangulares; poros comuns muito pe

quenos e pequenos, poucos médios, duro, friável; plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

(B₁) 55 - 70 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada média prismática composta de moderada pequena a média, blocos angulares e subangulares; poucos poros muito pequenos e pequenos; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

(B₂) 70 - 110 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco); muito argilosa; moderada média a grande prismática composta de forte média a grande blocos angulares e subangulares; poucos poros muito pequenos e pequenos; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

(B₃) 110 - 120 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 6/4, úmido); franco-argiloso; fraca a moderada média blocos subangulares, com aspecto maciço pouco coesa; poucos poros muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e descontínua (0 - 10 cm).

C₁ 120 - 140 cm; rocha alterada tipo "arena", de coloração variegada composta principalmente por cores cinzentas, amareladas e amarronzadas; textura franco; estrutura semelhante a da rocha (sienito); transição clara e descontínua (0-20 cm).

C₂ 140 - 200 cm; rocha alterada tipo "arena" de coloração variegada composta principalmente por cores acinzentadas, claras e escuras; textura franco, transição difusa e ondulada (30 - 50 cm).

C₃ 200 - 300 cm; rocha alterada tipo "arena" de coloração acinzentada clara; com pontos mais escuros.

Raízes Abundantes, muito finas e finas no O₁ e A₁₁; muitas, muito finas e finas no A₁₂ e A₃, e poucas raízes finas nos outros horizontes (diminuindo em profundidade).

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

400 cm⁺; *Rocha*: nefelina sienito (ESTAMPA IV - Foto 5); coloração cinzenta, isótropa, apresentando textura hipídio - mórfrica granular, às vezes inequigranular, quando há desenvolvimento acentuado de micropertita. Os minerais essenciais predominantes são biotita e feldspato (microclina e ortoclásio) formando a micropertita e, quantidades variáveis de nefelina, plagioclásio e cancrinita. Entre os máficos, os mais significativos são anfíbolos, que ocorrem associados à piroxênios e biotitas. Como acessórios tem-se a titanita, zircão anatásio e opacos.

120 - 300 cm; *horizonte de alteração C*

A observação conjunta das lâminas delgadas dos três subhorizontes C₁, C₂ e C₃, pode ser resumida da seguinte maneira: dominância de um fundo matricial de alteração com estrutura conservada da rocha (BOULET, 1978). Este fundo é muito rico em feldspatos (80%) bastante gibbsitizados, e com (5%) de biotita em diversos estágios de alteração, ferruginizadas em algumas partes. Neste nível, o quartzo é praticamente ausente. Os vazios (15%) são fissuras inter e transminerais intercomunicantes, parcialmente preenchidos com produtos amorfos. Em direção ao C₁, observa-se maior concentração de biotitas cada vez mais alteradas, transformadas em minerais hidroxialuminosos e macro-caulinitias (ESTAMPA IV - Foto 6), ainda com a estrutura conservada. Os feldspatos se alteram em gibbsitas e aparecem sob forma de cristais de vários tamanhos, ocupando grande parte do fundo matricial.

110 - 120 cm; *horizonte (B₃)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 80% do volume do F.M.; constituído principalmente por fragmentos de biotita (55%) alterada (pseudomorfizada

em macro-caulinita e minerais de estrutura mista (hidroxialuminosos), de tamanho variando desde 20- 200 μm ; 20% de feldspatos alterados em gibbsita com aspecto granular e tamanho desde muito pequeno a grande (5 - 100 μm); e 5% de grãos de quartzo angulares e subangulares, com diâmetro médio de 50 - 100 μm . A distribuição básica do esqueleto é aleatória (ESTAMPA IV - Foto 7).

Plasma: representado por apenas 10% do volume total; de coloração bruno-oliváceo-clara (2,5Y 5/6, L.N.) e bruno-olivácea (9,5Y 4/4, L.P.); o plasma é "argilasepic", sem orientações plásmicas.

Vazios: 10% do volume total, principalmente fissurais (20 - 50 μm), mais ou menos preenchidos com material isótropo algumas câmaras e canais de 10 - 50 μm .

Distribuição relativa: é caracterizada pela dispersão dos grãos do esqueleto dentro do plasma "porphyric".

Pedalidade: material apédico com leve tendência à formação de blocos subangulares.

Feições Pedológicas

Glêbulas: poucos nódulos ferruginosos do tipo "boxwork" de tamanho variando de 5 a 200 μm , e raros nódulos ferruginosos com limites difusos, tamanho entre 20 - 100 μm e com gibbsita inclusa.

70 - 110 cm; *horizonte* (B_2)

Fundo Matricial

Esqueleto: representa 30% do volume total do F.M.; 15% dos grãos são constituídos de biotita mais ou menos alterada em argilo-minerais interestratificados hidroxialuminosos; algumas biotitas aparecem ainda frescas. Do lado de partí

culas grosseiras (50 - 200 μm) de biotita que são facilmente visíveis em pequeno aumento (2,5Y), pode-se ver com um aumento forte (10 ou 25X), partículas muito finas (5 - 10 μm) constituídas de folhetos de biotita alterada que se confunde com o plasma (ESTAMPA V - Foto 1); 10% de grãos de quartzo angulares e subangulares com diâmetro médio da ordem de 100 - 300 μm ; 3% de grãos cavernosos de feldspatos, provavelmente ortoclásio, finamente corroídos. As referidas cavernas são preenchidas por um material isótropo, provavelmente amorfo : 2% de aglomerados de forma mais ou menos arredondadas e coloração bruno, provavelmente de epidoto alterado; traços de grãos isótropos de granadas e zircão.

Além desses grãos simples, existem vários grãos complexos, onde podem ser destacados os seguintes tipos: grãos mistos de biotita de tamanho pequeno e sericita ou muscovita de tamanho grande; alguns grãos grosseiros unicamente compostos por sericita pouco alterada, provavelmente resultante da alteração de feldspatos ou feldspatóides; alguns grãos são compostos unicamente de empilhamento de macro-caulinitas (100 μm), resultante provavelmente das transformações das biotitas e muscovitas; outros grãos que contêm macro-caulinita, porém formados de material finamente cristalizados, que pode se apresentar localmente sob a forma de gibbsita finamente cristalizada, e em outros locais, aparece como caulinita fina ou sericita. A distribuição básica do esqueleto é aleatória.

Plasma: abundante, representando 60% do volume total (ESTAMPA IV-Foto 8) de coloração amarelo-brunada (10YR 6/8, L.N.) e bruno-amarelada-escura (10YR 3/4, L.P.). Trata-se de um plasma de estrutura contínua e isótropo, que pode ser caracterizado como "argillasepic".

Vazios: representa 15% do volume total: constituídos por poros aplainados tipo fendas e irregulares "craze planes" e "screw planes" respectivamente, com largura média de 20 - 50 μm . Algumas câmaras são observadas (50 - 100 μm).

Distribuição relativa: do tipo "porphyric"

Pedalidade: material praticamente apédico, observando-se no en tanto, uma tendência para formação de blocos subangu lares, de diâmetro médio variando de 100 a 1000 μ m. Em alguns pontos, o plasma apresenta formação de mi croagregados (ESTAMPA IV - Foto 8).

Feições Pedológicas

Glêbulas: são comuns pequenos fragmentos de bauxitas, apresentan do estruturas secundárias (cristalárias de gibbsita); são comuns também, nódulos ferruginosos de forma suban gular, com limites nítidos e diâmetro médio variando de 0,1 a 5 mm.

55 - 70 cm; *horizonte* (B_1)

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 20% do volume total; 10% são representados por grãos de quartzo angulares e subangulares (50 - 300 μ m), 7% de palhetas de biotita pseudomorfizada (5 - 50 μ m), 3% de grãos cavernosos de feldspatos alterados em gibbsi ta (20 - 100 μ m); e traços de zircão e opacos. A dis tribuição básica é aleatória, sem qualquer disposição preferencial.

Plasma: 35% do volume total; de coloração vermelha (2,5YR 4/8, L.N.) e vermelho escura (2,5YR 3/6, L.P.). Trata-se de um plasma caracterizado como "argillasepic"

Vazios: muito abundante, 45% do volume total; fissurais muito finos a finos, intrapedais (5 - 20 μ m), e fissuras médias a grosseiras (100 - 500 μ m) interagregados. O correm algumas câmaras (20 - 100 μ m).

Distribuição relativa: é do tipo "enaulic" em 70% do volume, com

áreas do tipo "porphyric" 30%.

Pedalidade: o material apresenta-se bastante microagregado, com alguns volumes quase contínuos. Estes volumes, tendem a dividir-se em blocos subangulares de 1 a 2 mm de diâmetro, delimitados por fissuras.

Feições Pedológicas

Glêbulas: pequenos nódulos ferruginosos com gibbsita inclusa; nódulos gibbsíticos com pouco ferro e biotita inclusa; fragmentos de raízes finas; e fragmentos finos de matéria orgânica (20 - 50 μ m).

C 0 - 20 cm; horizonte A_{11}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 10% do volume total; representado por 5% de grãos de quartzo (50 - 200 μ m); 3% de fragmentos de feldspatos gibbsitizados; e 2% de material opaco e fragmentos finos de matéria orgânica. A distribuição básica é aleatória, sem qualquer disposição preferencial.

Plasma: 15% do volume total, de coloração bruno-avermelhado-escura (5YR 3/4, L.N.) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, L.P.). Trata-se de um plasma do tipo "argillasepic" (ES-TAMPA V - Foto 2).

Vazios: muito abundante, representando 75% do volume total; são vazios interagregados médios a grosseiros (100 - 500 μ m), algumas câmaras e canais (100 - 200 μ m).

Distribuição relativa: é do tipo "enaulic".

Pedalidade: material bastante microagregado, com boa participação da atividade biológica.

Feições Pedológicas

Glêbula: nódulo ferruginoso constituído por microagregados, com inclusões de quartzo e limites nítidos.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - PB1

DATA - 27.11.81

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado textura média *fase campo de altitude relevo ondulado substrato migmatito*.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da estrada que sai de São José do Barreiro, para a plataforma de voo livre (Morro Tira Chapéu), distando 22 km de São José do Barreiro -SP.22° 43' S -44° 37' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Perfil localizado em terço médio de encosta, com declive de 5 a 8%. Campo de altitude.

ALTITUDE - 2.085 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Migmatito com paleossoma rico em muscovita. Complexo Costeiro. Proterozóico Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Saprolito da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Montanhoso a forte ondulado

EROSÃO - Laminar Ligeira

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Campo de altitude e floresta subtropical per-
úmida de altitude. .

USO ATUAL - Pequenas áreas de reflorestamento, com pinus e eucalip
to.

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Boris Volkoff

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁ 0 - 7 cm; bruno (10YR 5/3, úmido) e bruno-amarelado
10YR 5/4, seco); franco-argilo-arenosa; fraca pequena
granular, com aspecto maciço e pouco coeso; poros co-
muns pequenos e médios; ligeiramente duro, muito friá-
vel; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, tran-
sição clara e plana.
- A₃ 7 - 17 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), franco -
argilo-arenosa; a fraca pequena granular, com aspecto
de maciço pouco coeso; poros comuns muito pequenos e
pequenos; duro, friável, ligeiramente plástico e ligei-
ramente pegajoso; transição abrupta e sinuosa.
- Camada 17 - 20 cm; linha de cascalhos de quartzo arestados e
semi-arestados (alguns ferruginizados), misturados com
pequena proporção de terra fina semelhante ao A₃.
- (II B₁) 20 - 30 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido) e amare-
lo (10YR 7/6, seco); argilo-arenosa; fraca média blo-
cos subangulares; poros comuns, muito pequenos e peque-
nos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gra-
dual e plana.
- (II B₂) 30 - 65 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6 úmido) e ama

- relo (10YR 7/6, seco); franco-argilo-arenosa; fraca média a grande blocos subangulares, com aspecto de maciço pouco coeso; poros comuns muito pequenos, pequenos e raros médios, duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- (II B₃) 65 - 80 cm; vermelho-acinzentada (10YR 5/4, úmido); franco; fraca média a grande blocos subangulares, com aspecto de maciça pouco coesa; poucos poros muito pequenos e pequenos: dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- II C₁ 80 - 150 cm; rocha alterada de coloração vermelha (10YR 5/6, úmido); franco; fraca média blocos subangulares, com aspecto de maciça pouco coesa; poucos poros muito pequenos e pequenos; dura, friável, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada (10 - 25 cm).
- II C₂ 150 - 200 cm; material bastante alterado, com pouca ou quase nenhuma estrutura da rocha matriz; coloração avermelhada e acinzentada (alguns pontos); textura franco; aspecto maciço; e transição gradual e ondulada (5-15 cm).
- R 200 cm⁺; rocha parcialmente alterada, ferruginizada e muito rica em mica (muscovita).
- Raízes* Comuns muito finas e finas no A₁ e A₃ e poucas muito finas e raras finas nos demais horizontes.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

80 - 200 cm; *horizonte de alteração C*

A observação conjunta das lâminas delgadas dos sub-horizontes C₁ e C₂, pode ser descrita da seguinte maneira; dominância de fundo matricial com deformações da estrutura da rocha-matriz, principalmente no C₁. O esqueleto é constituído de 60% de

muscovita, desde finas palhetas até grandes pacotes, 30% de quartzo angulares e subangulares (20 - 250 μ m). Existe uma estrutura bandada, com camadas de grãos de quartzo, intercaladas por faixas contendo mica orientada (paralela em relação à superfície do solo). O plasma é isótropo muito pouco importante (5%), constituído de óxidos de ferro e materiais amorfos (ESTAMPA V - Foto 3). Os vazios também são pouco abundantes, e principalmente constituídos por câmaras (20 - 100 μ m). Raros nódulos ferruginosos tipo "box work" arredondados de tamanho entre 20 - 50 μ m também ocorrem.

65 - 80 cm; *horizonte (II B₃)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 25% do volume total do F.M.; constituído de grãos de quartzo (35%) angulares e subangulares (50 - 150 μ m) (50%) de palhetas de muscovita, fina e pacotes grosseiros (5 - 100 μ m). A distribuição básica é aleatória, sem nenhuma disposição preferencial.

Plasma: representada por apenas 10% do volume total. Apresenta-se dividido em duas partes; uma mais abundante (80%), de coloração amarelo-brunado (10YR 6/6, L.N.) e bruno-amarelada (10YR 5/4, L.P.) e outro bem menos abundante (20%), de coloração vermelho-amarela (9YR 4/6, L.N.) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, L.P.). É um plasma de estrutura "argillasepic". O plasma mais vermelho, parece se desfazer pouco a pouco, no plasma amarelado.

Vazios: pouco abundante (5%), constituídos por câmaras (20 - 100 μ m).

Distribuição relativa: do tipo "porphyric"

Pedalidade: material tipicamente apédico

Feições Pedológicas

Glêbulas: alguns nódulos pequenos (50 - 100 μ m) do tipo "box work"

30 - 65 cm; *horizonte* (II B₂)

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 70% do volume total do F.M.; 40% são de palhetas de muscovita, desde finas e grosseiras (20 - 100 μ m), e 30% são de grãos de quartzo angulares a subangulares, de tamanho variando entre 50 - 300 μ m. A distribuição básica é aleatória, sem nenhuma disposição preferencial.

Plasma: 20% do volume total do F.M., de coloração amarelo - brunada (10YR 6/8, L.N.) e bruno-olivácea (2,5Y 4/4, L.P.). É um plasma com estrutura "argillasepic", é isotrópico, mas, com grande quantidade de mica fina em diferentes estágios de alteração, produzindo muita birrefringência (ESTAMPA V - Foto 4).

Vazios: pouco abundantes (10%), representados por câmaras, cavidades "rugs" e canais (10 - 100 μ m).

Distribuição relativa: do tipo "porphyric"

Pedalidade: material apédico, ou seja não se observa na lâmina poros aplainados que delimitam macro ou "micropeds".

Feições Pedológicas

Glêbula: raros nódulos ferruginosos arredondados, com delimitações bem nítidas e diâmetro de 0,2 a 1 mm, com poro central e algumas inclusões silicosas e cristalárias de gibbsita.

0 - 7 cm; *horizonte* A₁

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 50% do volume total da F.M.; constituído principalmente por grãos de quartzo (48%) angulosos e subangulosos (50 - 300 μ m); e 2% de finas palhetas de muscovita (5-20 μ m) e raros fragmentos de matéria orgânica. A distribuição básica não apresenta sem nenhuma disposição preferencial (aleatória).

Plasma: 20% do volume total; de coloração bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, L.N) e bruno-escuro (10YR 3/3, L.P.): é um plasma com estrutura "argillasepic", isto é, sem orientação plásmicas.

Vazios: 20% do volume total da F.M.; constituídos por cavidades "vughs" e canais de (20 - 100 μ m) interagregados e comunicantes.

Distribuição relativa: do tipo "enaulic" ou aglomeroplásmica.

Pedalidade: material bastante microagregado, devido a participação da atividade biológica (ESTAMPA V - Foto 5).

Feições Pedológicas

Glêbulas: raros nódulos ferruginosos, semelhantes aos encontrados no B_{w2}.

Pedotubos: raros, de tamanho grande (300-500 μ m), de forma circular, preenchidos por agregados muito pequenos (microagregados).

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - CJ1

DATA - 28.11.81

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÚMICO Tb textura média fase *floresta subtropical perúmida de altitude relevo ondulado substrato gnaísse*

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada que vai da cidade de Campos do Jordão ao Pico de Itapeva, 3 km antes do pico, numa estrada a esquerda (100 metros) que vai para o posto da Telefônica. Campos do Jordão-SP. 22° 43' S - 45° 33' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Perfil localizado em terço médio de encosta ondulada com 5 a 8% de declividade. Floresta primária.

ALTITUDE - 1.820 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Gnaísse (migmatito) do Complexo Paraíba do Sul. Proterozóico Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Saprolito da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Forte ondulado e ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida de altitude, com pinheiros.

USO ATUAL - Nenhum.

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Boris Volkoff.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- O_1 10 - 0 cm; horizonte de constituição orgânica, formado por raízes finais e médias, com um pouco de areia tingida pela matéria orgânica, e fragmentos de matéria vegetal semi-decompostos, transição plana e abrupta.
- A_{11} 0 - 6 cm; bruno-acinzentado-muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-escuro (10YR 3/3, seco); franco-argilo-arenosa; fraca média granular e pequena blocos subangulares, com pastos de areia lavada; muitos poros muito pequenos, pequenos e médios; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- A_{12} 6 - 15 cm; bruno-acinzentado-muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-escuro (10YR 4/3, seco); franco-argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; com aspecto de maciço moderadamente coeso; muitos poros muito pequenos, pequenos e comuns médios; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- A_3 15 - 30 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 4/3, seco); franco-argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos, pequenos e pouco médios; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- (B_1) 30 - 40 cm; bruno-forte (7,5YR 4,5/6, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- (B_2) 40 - 70 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco; fraca média prismática composta de fraca média e grande blocos subangulares; poucos povos muito pequenos e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

- (B₃) 70 - 80 cm; bruno amarelado (10YR 5/8, úmido); franco - siltoso; fraca média prismática, composta de fraca média blocos subangulares; poucos poros muito pequenas; ligeiramente duro, friável, são plástico e não pegajoso, transição irregular e clara.
- C₁ 80 - 95 cm; rocha alterada de coloração variegada de bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido) e amarelo (10YR 7/6, úmido); franco; maciça; poucos poros muito pequenos; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição irregular e difusa.
- C₂ 95 - 135 cm; rocha alterada de coloração cinzenta- clara (10YR 7/1, úmido) e mosqueado pouco, médio a grande e difuso bruno-muito claro-acinzentado (10YR 7,4, úmido), e pouco pequeno e proeminente vermelho (2,5YR 5/6, úmido); franco-siltosa; estrutura maciça; poucos poros pequenos; consistência macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição irregular e difusa.
- C₃ 135 - 150 cm⁺; rocha parcialmente alterada tipo "arena"; com uma parte mais amarelada e mais friável, e outra parte mais clara (acinzentada) e menos friável.
- Raízes* Abundantes no O₁. Muitas, muito finas e finas no A₁₁ e A₁₂. Comuns, muito finas, finas e poucas médias no A₃ e (B₁). Poucas, muito finas e finas no (B₂) e (B₃). Raros muito finas nos demais horizontes.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

250 cm⁺ *Rocha*: biotita gnaiße, coloração cinzenta; com alternân cias de faixas claras e escuras, constituídas principal mente por minerais fêlsicos (quartzo e feldspato) e máfi cos (biotita).

135 - 150 cm; *horizonte de alteração C*

A observação conjunta das lâminas delgadas dos três subhorizontes C_1 , C_2 e C_3 , pode ser resumida da seguinte maneira : um fundo matricial de alteração (BOULET, 1978) apresentando um esqueleto muito rico em biotita (85%) em diversos estágios de alteração (ESTAMPA V - Foto 6); grãos de quartzo (5%) angulosos e subangulosos e traços de fragmentos de feldspatos já totalmente gibbsitizados. O plasma é muito escasso e praticamente inexistente, e os vazios também são pouco abundantes (5%).

70 - 80 cm; *horizonte (B_3)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante (85%), constituído principalmente por palhetas de biotita (80%), finamente dividida (5 - 50 μ m) e pseudomorfizada; 5% de grãos de quartzo angulares e subangulares (20 - 200 μ m). A distribuição básica do esqueleto é aleatória.

Plasma: pouco abundante (5%); coloração amarelo-brunada (10YR 6/6, L.N.) e bruno-amarelada (10YR 5/6, L.P.); o plasma é "silasepic".

Vazios: pouco abundantes (10%), fissurais intercomunicantes (5-80 μ m), câmaras e canais (50 - 100 μ m).

Distribuição relativa: do tipo "gefuric".

Pedalidade: material apédico, com tendência à formação de "micro ped $\bar{s}$ " delimitados por pequenas fissuras.

Feições Pedológicas

Glêbulas: alguns nódulos ferruginosos de forma subangular, pequenos e médios (50 - 100 μ m), com inclusões de quartzo e biotita.

40 - 70 cm: *horizonte (B_2)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 80% do volume total do F.M. ; composto por grande quantidade (60%) de mica (biotita, pseudomorfizada) de tamanho variando de 5 - 50 μm , raras com (100-200 μm); 19% de grãos de quartzo angulares e subangulares (100-300 μm); 1% de fragmentos de feldspatos gibbsitizados. A distribuição básica do esqueleto é aleatória (ESTAMPA V - Foto 7).

Plasma: pouco abundante, representando apenas 5% do volume do F.M.; de coloração amarelo-brunada (10YR 6/6, L.N.) e bruno-amarelado-escura (10YR 4/4, L.P.). A pouca quantidade do plasma dificulta a classificação de sua estrutura, no entanto, parece tratar-se de um plasma "silasepic". Visto em aumento maior, o plasma é constituído por numerosas e finas palhetas de biotita, em diversos estágios de alteração.

Vazios: representa 15% do volume total do F.M.; são fissurais planos "craze planes", com diâmetro médio de 5-100 μ , distribuídos de maneira homogênea. Ocorrem algumas câmaras e cavidades "rugs" com diâmetro médio da ordem de 50-200 μm .

Distribuição relativa: a distribuição do plasma em relação ao esqueleto é do tipo "gefuric" ou "intertéctic"

Pedalidade: material apédico, com uma tendência à formação de "micropeds", delimitados por pequenas fissuras.

Feições Pedológicas

Glêbulas: alguns nódulos ferruginosos, de forma subangular a arredondada, com diâmetro médio de 100 a 200 μm , uns com inclusão de quartzo e palhetas de biotita alterada e outras não.

15 - 30 cm; *horizonte A₃*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 60% do volume total do F.M.; constituído por 40% de grãos de quartzo angulosos e subangulosos (50-200 µm); 20% de biotita alterada finamente dividida (10-100 µm) e raras palhetas maiores. A distribuição básica e aleatória (ESTAMPA V - Foto 8).

Plasma: 15% do volume total; coloração bruno-amarelado-escura, (10YR 4/4, L.N.) e bruno-escuro (10YR 3/3, L.P.); plasma isótropo, sem separações do tipo "silasepic", com inclusões muito finas de biotita alterada.

Vazios: representam 25% do volume total; fissurais e câmaras (20-100 µm), constituindo os espaços interagregados (ESTAMPA V - Foto 8).

Distribuição relativa: a fábrica plásmica é do tipo "enaulic" ou aglomeroplásmica.

Pedaliidade: material bastante microagregado devido principalmente à atividade biológica.

Feições Pedológicas

Glêbulas: raros nódulos ferruginosos de forma arredondada, limites nítidos e tamanho aproximado de 50 µm.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - CJ2

DATA - 17.02.84

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado

textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO; MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado direito da estrada Campos do Jordão - Monteiro Lobato, rodovia SP50, 3 km contados a partir do trevo do entroncamento das rodovias SP123 e SP50. Campos do Jordão - SP. 22° 52' S - 45° 47' W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira em terço médio superior de encosta, com declividade de 30%. Área coberta com floresta subtropical perúmida bastante densa, com presença de araucárias.

ALTITUDE - 1520 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Biotita gnaiss (migmatito) Grupo Paraíba do Sul. Proterozóico Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração de migmatitos afetados por retrabalhamento local.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Forte ondulado a ondulado

RELEVO REGIONAL - Montanhoso a forte ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida com pinheiros.

USO ATUAL - Nenhum.

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁₁ 0 - 10 cm: bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena granular e muito pequeno blocos subangulares; muito poros muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; ligeiramente duro muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₁₂ 10 - 30 cm; bruno-forte (7,5YR 4,5/2, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco): franco-argilo-arenosa; fraca muito pequena blocos subangulares, muitos poros muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₃ 30 - 40 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argila-arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; muitos poros muito pequenas e comuns pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- B_{w1} 40 - 60 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argila-arenosa fraca média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos e comuns pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso, transição gradual e plana.
- B_{w21} 60 - 90 cm; vermelho (2,5YR 6,5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (5YR 6/5, seco); argila-arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares, muito poros muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B_{w22} 90 - 120 cm; vermelho (2,5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (5YR 6/8, seco); argila fraca média blocos subangulares, com aspecto de maciça porosa, pouco coesa; muitos poros muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

- II B_{w31} 120 - 170 cm; vermelho (10R 4/6, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); argila-arenosa; fraca pequena a média blocos angulares e subangulares, com aspecto de maciço porosa, pouco coesa; muitos poros muito pequenos e pequenos; macio, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- II B_{w32} 170 - 250 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco), franco-argilo-arenoso; fraca pequena a média blocos angulares e subangulares, com aspecto de maciça porosa, pouco coesa; macio, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e ondulada (30 - 50 cm).
- II C 400 - 450 cm⁺; rocha bastante alterada tipo "arena", constituída por duas partes bem distintas; uma parte mais friável e rico em biotita (paleossoma), coloração bruno-amarelada, e outra parte menos friável e mais rico em feldspatos (bastante caulinizados), quartzo e um pouco de biotita (neossoma). A rocha apresenta os referidos extratos paralelos à superfície do perfil.
- Raízes* Abundantes, muito finas, finas e poucas médias no A₁₁ e A₁₂; comuns, muito finas, finas e poucas médias no A₃; poucas, muito finas e finas no B_{w21} e B_{w22}, e raras, muito finas nos outros horizontes.

Observações: Presença de linha de cascalhos de quartzo arestados e semi-arestados, no topo do horizonte II B_{w31}, constitui uma descontinuidade de material, e não necessariamente, de litologia.

D - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

550 cm⁺; rocha: gnaiss (migmatito)

400 - 450 cm; *horizonte de alteração C*: fundo matricial de altera

ção constituído por duas partes bem distintas: a primeira mais clara, constituída por grãos de quartzo fraturados e preenchidas com produtos amorfos, grãos de feldspatos parcialmente alterados em produtos amorfos, e biotita parcialmente alterada. A segunda, de coloração amarelo-brunada, é mais rica em biotita, com menos quartzo e feldspato (ESTAMPA VI -Fotos 1 e 2).

170 - 250 cm; *horizonte* IIB_{w32}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 50% de volume total do F.M.; constituído predominante - mente de grãos de quartzo (49%), de forma angular e subangular, tamanho médio (50 - 500 µm); finas palhetas de biotita (1%) parcialmente alterada; traços de feldspato alterado em gibbsita e opacos. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: representado por 35% do volume total do F.M.; de coloração vermelho-amarelada (5YR 5/6, L.N) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, L.P.). O plasma é tipicamente "argillasepic".

Vazios: 15% do volume total do F.M., representados por fissuras aplainadas "craze planes" e irregulares "skrew planes", finos com diâmetro médio de 20 - 100 µm.

Distribuição relativa: "porphyric" com leve tendência a "enaulic" ou aglomeroplásmica.

Pedalidade: material pouco microagregado, com tendência à formação de pequenos "peds" com cerca de 0,5 mm de diâmetro médio.

Feições Pedológicas

Glêbulas: alguns nódulos ferruginosos pequenos (50 - 100 μ m), com inclusões de quartzo e estrutura conservada, tipo "box work" (ESTAMPA VI - Foto 3).

90 - 120 cm; *horizonte* B_{w22}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 40% do volume total do F.M.; constituído quase que exclusivamente por grãos de quartzo (39%), angulosos e subangulosos, de tamanho desde muito pequeno a grosseiro (20-500 μ m); 1% de biotita alterada, sob forma de palhetas muito finas; e traços de fragmentos de feldspato intemperizado, hornblenda, opacos e zircão. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: representando 35% do volume total do F.M.; de coloração vermelho-acinzentada (10R 4/4, L.N.) e vermelho-escura (10R 3/3, L.P.); a estrutura plásmica é "argilla-sepic", isto é sem separações plásmicas.

Vazios: 25% do volume total do F.M.; representados por fissuras aplainadas do tipo fendas "craze planes" e irregulares "skrew planes", de largura média de 10 a 50 μ m. Existem ainda, vazios interagregados de empilhamento grosseiro (> 100 μ m) nos volumes microagregados, e algumas câmaras de diâmetro médio de 10-50 μ m.

Distribuição relativa: o plasma apresenta uma leve tendência a se aglomerar, sendo portanto, do tipo "porphyric" tendendo para "enaulic" (ESTAMPA VI - Fotos 4 e 5).

Pedalidade: o material do solo apresenta-se com forte tendência à formação de "micropeds" de forma subangular a arredondada (microagregação), com cerca de 50 μ m de diâmetro médio, agrupados em "peds" com cerca de 0,5 mm de diâ-

metro médio.

Feições Pedológicas

Glêbulas: A única feição pedológica encontrada foi um nódulo, constituído por gibbsita com impregnação ferruginosa, de forma arredondada, medindo 100 μ m de diâmetro, os limites são nítidos e ocorrem inclusões de mica e quartzo. Trata-se provavelmente de um feldspato alterado (litorrelíquia).

10 - 30 cm; *horizonte A₁₃*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 50% do volume total do F.M.; constituído exclusivamente por grãos de quartzo angulosos a subangulosos, de tamanho variando de 20 - 500 μ m; traços de palhetas muito finas de biotita alterada, Hornblenda, microclina, opacos, fragmentos finos de matéria orgânica e zircão.

Plasma: 20% do volume total do F.M.; de coloração vermelho-amarelada (5YR 5/8, L.N.) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, L.P.); a estrutura plásmica é do tipo "argillasepic".

Vazios: 30% do volume total do F.M., constituídos por uma porosidade importante e intercomunicante, do tipo de empacotamento composto "coupound parking voids", poros aplainados "craze planes", além de câmaras e canais.

Distribuição relativa: principalmente do tipo "enaulic", em alguns pontos a distribuição é "porphyric".

Pedalidade: material bastante microagregado, com tendência à formação de pequenos "peds" (ESTAMPA VI - Foto 6).

Feições Pedológicas

Glêbulas: apenas um pequeno nódulo gibbsítico foi observado (lito relíquia).

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - SN1

DATA - 28.11.82

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO Tb ÁLICO A moderado textura argilosa fa se floresta subtropical perúmida relevo ondulado substrato muscovita.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada São Paulo - Curitiba, na altura do km 528 (BR 116); 500 metros antes da ponte sobre o Rio Barreiro. Barra do Turvo - SP. 24° 58' S - 48° 27' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira localizada no lado esquerdo da estrada, em ter ço médio superior de encosta em zona ondulada a forte ondulada; com declividade da ordem de 15% e sob cobertura de gramíneas.

ALTITUDE - 950 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Muscovita-xisto. Complexo Turvo. Cajati. Proterozóico Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da intemperização da rocha supracita da.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Forte ondulado e ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida.

USO ATUAL - Pastagem extensiva e reserva florestal

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto, Adilson Carvalho e Boris Volkoff.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁ 0 - 10 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); franco-argilo-arenosa; fraca pequena granular e blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos, poucos médios; macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso: transição clara e plana.
- (B₁) 10 - 30 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e bruno - pálido (10YR 6/3, seco); franco-argilosa; fraca pequena blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; macio, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- (B₂₁) 30 - 55 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido) e amarelo (10YR 8/6, seco); franco-argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares com aspecto de maciço pouco coesa; poros comuns, muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- (B₂₂) 55 - 100 cm; amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido) e amarela (10YR 8/6, seco); argila; fraca a moderada média blocos subangulares e angulares, com tendência à formação de prismática; poros comuns, muito pequenos e pouco pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

- (B₃) 100 - 130 cm; amarelo (10YR 7/6, úmido) e bruno-acinzentado-claro; argila; fraca a moderada pequena e média blocos angulares e subangulares, com tendência a prismática; poros comuns, muito pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- C 130 - 200 cm; material de alteração praticamente sem nenhuma herança da estrutura da rocha-matriz (xisto); coloração avermelhada, com mosqueado comum médio e proeminente, cinza-amarelado; textura franca, estrutura maciça com tendência a blocos angulares e subangulares; consistência ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.
- Raízes Muitas, muito finas e finas no A₁; comuns, muito finas e finas no (B₁); poucas muito finas e finas no (B₂); e raras, muito finas nos demais horizontes.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

- Rocha (coletado em corte de estrada): muscovita-xisto; coloração cinzenta escura, granulação fina e xistosidade crenulada.
- 130 - 200 cm; horizonte C de alteração, bastante alterado, praticamente sem estruturas da rocha-matriz. O fundo matricial apresenta esqueleto (50%) quartzoso fino (50-100 µm) e grosseiro (100 - 250 µm), e um plasma "silasepic", de coloração variegada, com cores amarelo-avermelhada (7,5R 7/8, L.N.) e bruno-muito claro-acinzentada (10YR 7/3, L.N.). Os vazios são pouco abundantes (10%), fissurais muito finas 20 - 50 µm. O material é eminentemente apédico. Observa-se alguns nódulos ferruginosos arredondados de tamanho entre 20-100 µm, com limites nítidos, e outros irregulares do tipo "box work" (ESTAMPA VI - Foto 7).
- 55 - 100 cm; horizonte (B₂₂)

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 40% do volume total do F.M., exclusivamente constituído por grãos de quartzo (20-300 μm) de forma angulosa e subangulosa. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA VI - Foto 8).

Plasma: abundante, representando 50% do volume total do F.M., de coloração amarelo-olivácea (2,5YR 6/8, L.N.) e amarelo-olivácea (2,5Y 5/8, L.P.); a estrutura plásmica é caracterizada pelas separações plásmicas, em quantidades comuns e abundantes, principalmente, em torno dos grãos do esqueleto e de alguns vazios, sendo portanto, do tipo "skel-vosepic" (BREWER, 1964).

Vazios: 10% do volume total; constituídos por fissuras aplainadas "craze planes" com largura de 20 - 50 μm e algumas câmaras médias (50 - 100 μm).

Distribuição relativa: "porphyric"

Pedalidade: material eminentemente apédico.

Feições Pedológicas

Cutans: Argilans de tensão comuns a abundantes, principalmente, em torno dos grãos do esqueleto e dos vazios (ESTAMPA VII - Foto 1).

Glêbulas: Alguns nódulos ferruginosos, muito pequenos (20 - 50 μm) com limites bem nítidos.

0 - 10 cm; *horizonte A₁*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 50% do volume total do F.M., constituído exclusivamente por grãos de quartzo finos

(20 - 50 μ m) e grosseiros (50 - 300 μ m); traços de fragmentos finos de matéria orgânica e raízes finas. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: 30% do volume total do F.M., de coloração bruna (10YR 5/3, L.N.) e bruno-escuro (10YR 3/3, L.P.) a estrutura plásmica e "argillasepic", com raras separações plásmicas ao redor dos grãos do esqueleto e vazios (ESTAMPA VII - Foto 2).

Vazios: 20% do volume total; são principalmente fissuras aplainadas "craze planes" medindo 20 - 50 μ m de largura, além de câmaras e cavidades "vughs" de 50 - 100 μ m.

Distribuição relativa: "porphyric", tendendo para "enaulic".

Pedalidade: o material apresenta-se subdividido "peds", delimitados por fissuras, formando pequenos blocos subangulares (20 - 100 μ m).

Feições Pedológicas

Glêbulas: raros nódulos ferruginosos de forma arredondada (50 - 100 μ m) e limites nítidos.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - CS1

DATA - 07.12.83

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO câmbico A moderado textura argilosa fase floresta subtropical perúmida relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Estrada Curitiba - São Paulo (BR 116), km 57,5 a 100 metros após a Polícia Rodoviária e entrando à direita cerca de

100 metros em caminho abandonado. Campina Grande do Sul - PR. 25° 13' S - 48° 54' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Perfil coletado em corte em terço inferior de elevação com 25% de declividade, sob cobertura de gramíneas.

ALTITUDE - 750 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Granodiorito (migmatito). Complexo Costeiro Pré-Cambriano Indiviso.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produtos de alteração da rocha supracitada, com influência de material retrabalhado.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perúmida com pinheiros.

USO ATUAL - Pastagem

CLIMA - Cfb de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Alcides Cardoso.

A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A_{p11} 0 - 10 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); bruno-escuro (10YR 3/3, úmido amassado) e bruno (10YR 4,5/3, seco triturado); argila; moderada a forte pequena a média granular e moderada pequena blocos sub-

angulares; poros comuns muito pequenos e pequenos, pouco médios e grandes; duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

- A_{p12} 10 - 25 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; poros comuns, muito pequenos e pequenos, raros médios e grandes; duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- A_3 25 - 40 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4,5/4, úmido) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); argila; fraca a moderada pequena a média blocos subangulares; poros comuns muito pequenas e pequenas; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{w1} 40 - 70 cm; bruno-amarelada (10YR 5/4, úmido) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); argila, fraca média blocos subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B_{w2} 70 - 150 cm; bruno-amarelado (10YR 5,5/8, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco), argila, fraca pequena a média blocos subangulares e angulares, com leve tendência a maciça; poros comuns muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{w3} 150 - 150 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco); argila; fraca pequena blocos subangulares e angulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição abrupta e ondulada (6 - 15 cm).
- C 180 - 220 cm⁺; material constituído por rocha bastante alterada, ocorrendo áreas ou bolsões com terra fina semelhante a de B_{w3} .
- Raízes* Muitas, muito finas e finas no A_{11} e A_{12} ; comuns, muito

finas e finas no A_3 ; poucas, muito finas e finas no B_{w1} e B_{w2} e raras, muito finas no B_{w3} e C.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

250 cm⁺; *Rocha*: granodiorito; de coloração cinzenta, com alguma foliação, apresentando textura subdiomórfica mais ou menos cataclástica. Predomina a plagioclásio (oligoclásio-andesina) acompanhado de quartzo e subordinadamente microclínio, além de biotita, em parte cloritizada. Aparece ainda apatita, opacos e zircão de maneira geral associadas a biotita, como numerais acessórios (ESTAMPA VII-Foto 3).

180 - 220 cm⁺; *horizonte de alteração C*

Fundo matricial de alteração bastante ferruginizado, com poucas estruturas herdadas da rocha-matriz. Observa-se uma rede constituída por um esqueleto quartzoso e grãos de feldspatos totalmente alterados, mascarados por óxidos de ferro. A biotita não mais aparece neste nível, sendo transformada em óxido de ferro, constata-se ainda grandes cristais de caulinita e vermiculita hidroxialumínica pseudomórfica sobre biotita (ESTAMPA VII - Foto 4).

70 - 150 cm; *horizonte B_{w2}*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 30% do volume total do F.M.; com predominância de grãos de quartzo (28%) angulosos e subangulosos de tamanho médio entre 50 - 300 μ m; 2% de fragmentos de biotita, anfibólio, feldspatos, todos alterados, e traços de pequenos grãos de material opaco preto. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA VII - Foto 5).

Plasma: abundante, representando 60% do volume total do F.M.;

coloração amarelo-olivácea (2,5Y 6/8, L.N.) e bruno - olivácea (2,5Y 4/4, L.P.). O plasma apresenta uma estrutura do tipo "argillasepic", com tendência em alguns pontos a "insepic" e "skelsepic" (separação plásmicas em ilhas e ligadas ao esqueleto respectivamente).

Vazios: 10% do volume do total do F.M.; são principalmente fissurais aplainadas "craze planes" com 20 - 50 μ m de largura média, e câmaras (50 - 100 μ m). As fissuras são distribuídas de maneira homogênea no plasma, em alguns pontos as fissuras são mais largas, variando de 100 - 200 μ m.

Distribuição relativa: do tipo "porphyric"

Pedalidade: O plasma apresenta-se contínuo, com fraca ou quase nenhuma tendência à formação de "micropeds", delimitados por pequenas fissuras (ESTAMPA VII - Foto 5).

Feições Pedológicas

Cutans: Foram observadas alguns argilans de tensão em torno de alguns grãos.

Glêbulas: Presença de nódulos ferruginosos com forma subangular a arredondada, alguns irregulares, com limites nítidos e com diâmetro de menos de 0,1 mm. Alguns nódulos apresentam inclusões de grãos de quartzo e gibbsita.

0 - 10 cm; *horizonte A₁₁*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 20% do volume total; predominantemente constituído por grãos de quartzo angulosos e subangulosos, alguns bastante fraturados, de tamanho variando de 20 - 300 μ m; traços de fragmentos de matéria orgânica (5 - 20 μ m) e fragmentos de raízes finas. A distribui-

ção básica é aleatória (ESTAMPA VII - Foto 6).

Plasma: 50% do volume total do F.M.; de coloração bruno-amarelada (10YR 5/6, L.N.) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, L.P.). A estrutura do plasma é "argillasepic".

Vazios: 30% do volume total, fissurais aplainados "craze planes", intercomunicantes e algumas microfissuras inter-agregados.

Distribuição relativa: Do tipo "porphyric" e em alguns pontos "e-naulic".

Pedalidade: O plasma é constituído por "macropeds" (0,5 - 1 mm), fracamente subdivididos por pequenas fissuras em "micro-peds".

Feições Pedológicas

Glêbulas: Raros nódulos ferruginosos (20 - 50 μ m) com inclusões de pequenos grãos de quartzo.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - CS2

DATA - 10.06.80

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO Tb ÁLICO A proeminente textura muito argilosa fase floresta subtropical perúmida, relevo ondulado substrato granodiorito.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado direito da estrada Curitiba - São Paulo, na altura do km 56,5 da referida rodovia, 700 metros antes da Polícia Rodoviária. Campina Grande do Sul -PR. 25° 10' S - 48° 51' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira localizada em Terço médio superior de encosta convexa, com 10% de declividade. Vegetação secundária, com algumas espécies da floresta primária e substrato de gramíneas.

ALTITUDE - 780 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Granodiorito (migmatito). Complexo Costeiro. Pré-Cambriano Indiviso.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado e forte ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida com pinheiros

USO ATUAL - Pastagem extensiva

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR - Fernando Barreto e Alcides Cardoso.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁₁ 0 - 16 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 4/3, seco); argila, moderada pequena e média blocos subangulares e forte pequena granular; poros comuns, muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; muito duro firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

- A₁₂ 16 - 43 cm; bruno-escuro (10YR 3,5/3, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); argila; moderada média blocos subangulares; poros comuns, muito pequenos e pequenos, raros médios e grandes; muito duro firme, plástico e pegajoso, transição gradual e plana.
- A₁₃ 43 - 60 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-muito escuro (10YR 4/3, seco); muito argilosa; moderada média blocos subangulares; poros comuns, muito pequenos e pequenos; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- (B₁) 60 - 90 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido) e bruno-amarelada (10YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada média prismática, composta de moderada pequena e média blocos angulares e subangulares, poros comuns, muito pequenos; cerosidade comum e fraca; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- (B₂) 90 - 140 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco); muito argilosa; moderado média a grande prismática, composto de moderada média a grande blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos; cerosidade comum e fraca; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- (B₃) 140 - 260 cm; amarelo-brunado (10YR 5,5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argila-siltosa; moderada pequena a média blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos; muito duro, firme, muito plástico e pegajoso; transição clara e ondulada (30 - 70 cm).
- C 260 - 350 cm⁺; material constituído do saprolito da rocha (granodiorito), bastante alterado e ferruginizado, de coloração variegada e textura franco-siltosa.
- Raízes Enraizamento abundante, com raízes desde muito finas a

médias nos horizontes A_{11} , A_{12} e A_{13} . Comuns a raras, muito finas e finas nos demais horizontes.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

400 cm⁺; rocha: granodiorito (migmatito), semelhante a do perfil CS1.

260 - 350 cm⁺; *horizonte C*. Trata-se de fundo matricial de alteração bastante fissurado, constituído por uma rede de material muito heterogêneo, com grãos de quartzo (30%) de forma angulosa e subangulosa, desde pequenos a grandes (20 - 500 μ m), feldspato alterados (60%) para caulinita e gibbsita. A biotita aparece finamente dividida, algumas totalmente ferruginizadas e transformadas em argilominerais 2:1 hidroxialuminosos. Os vazios (10%) são constituídos por fissuras e canais subverticais com 20-50 μ m de largura média, e são normalmente limitados por ferrans do tipo "goethans" com transição bem nítida (ESTAMPA VII - Foto 7).

90 - 140 cm; *horizonte (B₂)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 20% do volume total do F.M., predominantemente de grãos de quartzo (18%) angulosos, e de diâmetro médio entre 50 - 100 μ m; 2% de outros minerais que se apresentam bastante intemperizados e de difícil identificação (vermiculita - Al, pseudomorfo de biotita). A distribuição básica é aleatória.

Plasma: abundante, representando 70% do volume total. O material diferencia-se em duas zonas principais, com transições nítidas e regulares: a zona predominante é de coloração bruno-forte (7,5 YR 5/8, L.N.) e bruno a bruno-escura (7,5YR L.P). Na zona restante, o plasma é mais escu

ro. A estrutura plásmica na zona dominante é contínua, sem "micropeds", as separações plásmicas são comuns a abundantes, formando uma estrutura que varia de "masepic" a "omnisepic"; por outro lado, na zona restante, o plasma em geral é isótropo, entretanto, em alguns locais existem separações plásmicas ao redor dos poros "vosepic" (ESTAMPA VII - Foto 8).

Vazios: 10% do volume total, principalmente do tipo de fendas ou "craze planes" (5 - 100 μm), distribuídos de maneira homogênea no fundo matricial. Em alguns locais as fissuras são mais largas (100 - 200 μm). Ocorrem também, câmaras grandes (100 - 500 μm), nitidamente delimitadas pelo plasma, além de algumas cavidades dos tipos "vughs" e canais.

Distribuição relativa: do tipo "porphyric"

Pedalidade: o material é contínuo, sem "micropeds", pois não se notam superfícies de fraqueza ou separações contínuas delimitando os macro ou "micropeds".

Feições Pedológicas

Cutans: São observados argilans de tensão comuns a abundantes, na zona de maior separações plásmicas. Na outra zona, esses argilans de tensão são raros (ESTAMPA VIII - Foto 1).

43 - 60 cm: horizonte A_{13}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: 20% do volume total, representado exclusivamente por grãos de quartzo finos (5-50 μm) e grosseiros (50 - 500 μm), de forma subangular a arredondada. A distribuição básica é aleatória.

Plasma: muito abundante, 70% do volume total, de coloração bru

no-amarelada (10YR 5/6, L.N.) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, L.P.). A estrutura plásmica é "argillasepic", com tendência muito fraca à separações plásmicas.

Vazios: 10% do volume total, fissurais aplainados "craze planes" (5 - 100 μ m) e câmaras médias 50 - 100 μ m.

Distribuição relativa: "porphyric"

Pedalidade: O plasma é praticamente contínuo, com fraca tendência à formação do "micropeds".

Feições Pedológicas

Glêbulas: Raros nódulos ferruginosos, muito pequenos 20 - 50 μ m, uns difusos, outros com limites nítidos.

0 - 16 cm; horizonte A₁₁

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 30% do volume total, 29% das quais constituído por grãos de quartzo finos (10 - 50 μ m) e grosseiros (50 - 300 μ m); e 1% de fragmentos muito pequenos (5 - 30 μ m) de matéria orgânica e fragmentos finos de raízes. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA VIII - Foto 3).

Plasma: abundante, representando cerca de 50% do volume total, coloração bruno-forte (7,5YR 5/6, L.N.) e bruna (7,5YR 4/2, L.P.). A estrutura plásmica é "argillasepic".

Vazios: 20% do volume total; principalmente fissurais "craze planes" desde finos a grosseiros, algumas câmaras médias e grandes (50 - 100 μ m).

Distribuição relativa: "porphyric" com tendência a "enaulic".

Pedalidade: O plasma é quase contínuo, com tendência à formação de "micropeds" em blocos subangulares de 20 - 50 µm de diâmetro médio.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - AP1

DATA - 29.11.82.

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÚMICO Tb ÁLICO textura argilosa *fase floresta subtropical perúmida relevo forte ondulado substrato filito.*

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado direito da estrada Apiaí - Guapiara, distando 19 km de Apiaí. Apiaí - SP.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Corte de estrada, em terço médio de encosta, com 20 a 30% de declividade e sob vegetação secundária.

ALTITUDE - 900 metros

LITOLOGIA E CRONOLOGIA - Filito. Grupo Açungui - Proterozóico Superior (Pré-Cambriano)

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da intemperização de filitos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Forte ondulado

RELEVO REGIONAL - Montanhoso e forte ondulado

DRENAGEM - Bem drenado

EROSÃO - Nula a laminar ligeira

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta subtropical perúmida com pinheiros.

USO ATUAL - Reflorestamento com espécies do gênero Pinus e, em menores proporções, com eucalipto.

CLIMA - Cfb de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR: Fernando Barreto, Adilson Carvalho e Boris Volkoff.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A₁₁ 0 - 15 cm; bruno-muito escuro (10YR 2/2, úmido) e bruno acinzentado-muito-escuro (10YR 3/2, seco); argila; moderada muito pequena e pequena granular e blocos subangulares; muitos poros, muito pequenos e comuns pequenos; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₁₂ 15 - 30 cm; bruno-muito escura (10YR 2/2, úmido) e bruno-acinzentado-muito escuro (10YR 3/2, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; muitos poros, muito pequenos e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- A₁₃ 30 - 50 cm; bruno muito escura (10YR 2/2, úmido) e bruno-escura (10YR 3/3, seco); argila; fraca pequena a média blocos subangulares, com aspecto de maciço pouco coeso; poros comuns, muito pequenos e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- (B₁) 50 - 60; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno- amarelado (10YR 5/4, seco); argila; fraca a moderada pequena a média blocos subangulares, com aspecto de maciço pouco coeso; poros comuns, muito pequenos e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

- (B₂₁) 60 - 100 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e amarelo (10YR 7/6, seco); argila; moderada grande prismática, composto de moderada média blocos angulares e subangulares; poros comuns, poros comuns pequenos e pequenos; duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- (B₂₂) 100 - 170 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argila; moderada grande prismática, composta de moderada a parte média blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição gradual e ondulada (12 - 20 cm).
- (B₃) 170 - 240 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido); argila; moderada média prismática, composta de moderada média blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e ondulada (15 - 30 cm).
- C 240 - 350 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) e mosqueado comum, pequeno e proeminente branco - rosado (7,5YR 8/2, úmido); muito-argilosa; moderada a forte média blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso.
- Raízes* Muitas, muito finas e finas, poucas médias e raras grossas ao longo do A; comuns, muito finas e finas ao B_{w1}; poucas -uito finas e finas no B_{w2} e B_{w3}; e raras muito finas no C.

C - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

- 400 cm⁺: rocha: clorita filito, bastante alterada (ESTAMPA VIII - Foto 4), de coloração cinzenta chumbo, granulação muito fina e xistosidade suavemente crenulada. Composi-

ção mineralógica constituída essencialmente de muscovita, quartzo, clorita e feldspato.

240 - 350 cm; *horizonte C*

Material bastante alterado, sem apresentar estruturas herdadas da rocha-matriz. O fundo matricial apresenta um esqueleto abundante (50%), constituído por grãos de quartzo (35%) angulosos e subangulosos, de tamanho entre 50 - 300 μ m; 15% de feldspato alterado e traços de palhetas muito finas de biotita alterada. O plasma representa 40% do volume total, de coloração variegada desde amarelo-avermelhada (5YR 6/8, L.N.), vermelha (2,5YR 5/8, L.N.) a bruno-muito-claro-acinzentada (10YR 7/3 L.N.). A estrutura do plasma é "skel-vosepic", isto é, com separações plásmicas comuns (argilans de tensão) ao redor dos grãos do esqueleto e de alguns vazios. A porosidade é fraca (10%), sendo representada por fissuras e algumas câmaras. A distribuição relativa do plasma em relação ao esqueleto é do tipo "porphyric".

100 - 170 cm; *horizonte (B₂₂)*

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: representa 35% do volume total do F.M.; predominantemente de grãos de quartzo angulares (34%), sendo comuns a presença de faces quebradas e corroídas. Ocorrem também grãos que apresentam vários estágios de impregnação com óxidos de ferro; 1% de material opaco preto. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA VIII - Foto 5).

Plasma: abundante, representando 55% do volume total, de coloração amarelo-brunada (10YR 6/8, L.N.) e bruna (10YR 4/4, L.P.). A estrutura plásmica do material é caracterizada pela presença de separações plásmicas comuns a abundantes, principalmente, em torno dos grãos do esqueleto e de alguns vazios, definindo um plasma do tipo "skel-vo-masepic" (ESTAMPA VIII - Foto 6).

Vazios: 10% do volume total; representado por fissuras ou poros a plainados "craze planes", de largura média de 20 a 100 μ m algumas câmaras (50 - 200 μ m) e cavidades "vughs" (50 - 100 μ m).

Distribuição relativa: "porphyric.

Pedalidade: material eminentemente apédico.

Feições Pedológicas

Cutans: argilans de tensão comuns a abundantes, principalmente em torno dos grãos do esqueleto e de alguns vazios.

Glêbulas: poucos nódulos ferruginosos sesquioxídicos de formas irregulares ou arredondados, com diâmetro médio de 50 - 200 μ m, com delimitações nítidas ou graduais e com arrançamento interno semelhante ao do F.M. envolvente.

0 - 10 cm; horizonte A_{11}

Fundo Matricial ou Matriz - S

Esqueleto: abundante, representando 50% do volume total, totalmente constituído por grãos de quartzo angulosos e subangulosos, de tamanho desde pequeno a grosseiro (50 - 300 μ m), alguns arredondados e corroídos traços de pequenas fragmentos de matéria orgânica. A distribuição básica é aleatória (ESTAMPA VIII - Foto 7).

Plasma: 30% do volume total de coloração bruno-amarelado-escura (10YR 4/4, L.N.) e bruno-escura (10YR 3/3, L.P.); a estrutura plásmica é "argillasepic", isto é sem orientação plásmicas.

Vazios: 20% do volume total; fissurais do tipo fendas aplainados "craze planes" largura média entre 20 - 100 μ , interagregados e intercomunicantes; algumas câmaras de

50 - 100 μ de diâmetro médio.

Distribuição relativa: "enaulic"

Pedalidade: o material apresenta-se bastante microagregado, em alguns pontos no entanto, existe uma tendência à formação de "micropeds" em forma de blocos subangulares de diâmetro médio de 1 a 3 mm (ESTAMPA VII - Foto 7).

Feições Pedológicas

Glêbulas: foram observados apenas dois nódulos: um ferruginoso arredondado de tamanho médio de 400 μ m, com pequenos vazios alongados e limites nítidos, e outro de forma subangular, com diâmetro médio 200 μ m e limites nítidos.