INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO TOPOGRÁFICA, DO MATERIAL DE ORIGEM E
DO LENÇOL FREÁTICO SUSPENSO EM UMA CATENA DE SOLOS EM
MOCOCA (SP).

FRANCISCO MORATO SCATOLINI

Dissertação apresentada à Es-
cola Superior de Agricultura
"Luis de Queiroz", da Univer-
sidade de São Paulo, para ob-
tenção do título de Mestre
em Agronomia. Área de concen-
tração: Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

S287 Scatolini, Francisco Morato
Influência da posição topográfica, do material de
origem e do lençol freático suspenso em uma catena de
solos em Mococa, SP. Piracicaba, 1991.
130p. illus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Solo - Catena 2. Solo - Hidromorfismo 3. Solo -
Mineralogia - Efeito do hidroformismo 4. Solo - Morfo-
logia - Efeito da topografia 5. Solo - Origem - Mate-
rial 6. Solo - Topografia I. Escola Superior de Agricul-
tura "Luiz de Queiroz", Piracicaba

CDD 631.4

INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO TOPOGRÁFICA, DO MATERIAL DE ORIGEM E
DO LENÇOL FREÁTICO SUSPENSO EM UMA CATENA DE SOLOS EM
MOCOCA (SP).

FRANCISCO MORATO SCATOLINI

Aprovado em: 28.05.1991

Comissão julgadora:

Dr. Antonio Carlos Moniz

IAC

Prof. Dr. José Luis Ioriatti Demattê

ESALQ/USP

Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola

CEAGRI/UNICAMP

Dr. Antonio Carlos Moniz
Orientador

A meus pais e irmãos
pelo amor, confiança e respeito
que sempre me deram

À Tânia, minha esposa
e a nossa querida filha Flora

AGRADECIMENTOS

À Churi, pelo amor irrestrito.

Ao Dr. Antonio Carlos Moniz, pela orientação, entusiasmo e compreensão recebidos.

Ao prof. Dr. José Luis Ioriatti Demattê e ao Dr. Guido Ranzani, pelos ensinamentos na vida acadêmica e profissional.

À Dra. Arlette Scatolini Watanabe, pelo amor e apoio oferecidos.

Ao Dr. Renato Eugênio Diniz (INPA), pela amizade e colaboração incondicional.

Ao Dr. Takashi Muraoka (CENA/USP), pela colaboração e companherismo.

Aos funcionários do laboratório de física e mineralogia do solo da ESALQ/USP, pela orientação e auxílio concedidos.

Ao Instituto Agrônomo, pela infraestrutura e análises de laboratório proporcionadas.

Aos funcionários da E. E. de Mococa, que tanto colaboraram para que a realização deste trabalho fosse possível.

Aos funcionários do Laboratório de Solos do C.C.A. do INPA/Manaus, pela grande colaboração nos procedimentos analíticos, em particular ao técnico José Edivaldo Chaves.

A todos os que, embora não nomeados, tenham concorrido para esta realização.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	xii
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Os fatores e processos de formação do solo.....	3
2.2. O material de origem como formação do solo.....	5
2.3. A posição topográfica condicionando a distri-	
bução dos solos no relevo.....	8
2.3.1. Catena como uma toposfunção.....	9
2.3.2. Catena como uma topolitofunção.....	16
2.3.3. O efeito do hidromorfismo nos atribu-	
tos do solo.....	20
2.4. Métodos de estudo na gênese de solos	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. Material.....	30
3.1.1. Localização da área.....	30
3.1.2. Aspectos climáticos.....	31
3.1.3. Aspectos geomorfológicos.....	33
3.1.4. Aspectos geológicos.....	36
3.1.5. Solos.....	37
3.1.6. Vegetação natural e uso atual das terras.....	40

	Página
3.2. Métodos.....	41
3.2.1. Métodos de campo.....	41
3.2.1.1. Seleção da área de estudo.....	41
3.2.1.2. Distribuição dos pontos de amostragem.....	42
3.2.1.3. Descrição da organização das camadas e horizontes de solo ao longo da vertente.....	42
3.2.1.4. Identificação do material de origem dos solos.....	43
3.2.1.5. Amostragem e descrição dos solos.....	43
3.2.2. Métodos de laboratório.....	45
3.2.2.1. Análises químicas.....	45
3.2.2.2. Análises físicas.....	46
3.2.2.3. Análises mineralógicas.....	47
3.2.3. Métodos estatísticos.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1. Organização das camadas e horizontes de solo na topografia.....	50
4.2. Variabilidade vertical.....	55
4.2.1. Aspectos físicos e morfológicos.....	55
4.2.2. Aspectos químicos.....	67
4.2.3. Aspectos mineralógicos.....	79

	Página
4.3. Variabilidade lateral.....	82
4.3.1. Aspectos físicos e morfológicos.....	82
4.3.2. Aspectos químicos.....	84
4.3.3. Aspectos mineralógicos.....	86
4.3.4. Aspectos estatísticos.....	89
5. CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICE	117

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Elementos básicos da vertente de acordo com Ruhe (1975). Em primeiro plano o modelo de Wood de 1942 e em segundo plano o modelo de Ruhe de 1960. (Fonte: HALL, 1984).	13
Figura 2. Interrelação entre solos, topografia e geologia nas colinas Chiltern, Inglaterra. (Fonte: GERRARD, 1981).	17
Figura 3. Localização geral da área estudada no Estado de São Paulo.	30
Figura 4. Balanço Hídrico da Estação Experimental de Mococa (SP) segundo o método de Thornwaite e Mather de 1955. (Fonte: VIDAL TORRADO, 1989).	32
Figura 5. Detalhe planialtimétrico da vertente estudada incluindo a localização das transecções, dos pontos de amostragem e do afloramento rochoso.	35
Figura 6. Mapa de solos da E. E. de Mococa (SP).	38
Figura 7. Organização dos horizontes e camadas de solo na transeção 1.	52
Figura 8. Organização dos horizontes e camadas de solo na transeção 2.	53

- Figura 9. Organização dos materiais em um corte de estrada (Mococa-Arceburgo) que secciona o topo da vertente estudada. 54
- Figura 10. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 118
- Figura 11. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 13. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 119
- Figura 12. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 17. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 120
- Figura 13. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 19. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 121
- Figura 14. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 20. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 122

- Figura 15. Difractogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 25. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 123
- Figura 16. Difractogramas dos óxidos de ferro concentrados a) horizonte Bt12 do perfil 1; b) horizonte Bt12 do perfil 13; c) horizonte Bt1 do perfil 17; d) horizonte Btg do perfil 19; e) horizonte 2BC1 do perfil 20; f) horizonte Bt1 do perfil 25. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 124
- Figura 17. Difractogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 4 do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 125
- Figura 18. Difractogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 6 do perfil 13. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 126
- Figura 19. Difractogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 2 do perfil 17. Espaçamento interplanar (d/n) em angstrom. 127

- Figura 20. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte Ap do perfil 19. Espaçoamento interplanar (d/n) em angstrom. 128
- Figura 21. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte 2BC1 do perfil 20. Espaçoamento interplanar (d/n) em angstrom. 129
- Figura 22. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecidas a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte Bt do perfil 25. Espaçoamento interplanar (d/n) em angstrom. 130

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Dados físicos e morfológicos do perfil 1.	56
Quadro 2. Dados físicos e morfológicos do perfil 5.	59
Quadro 3. Dados físicos e morfológicos do perfil 9.	59
Quadro 4. Dados físicos e morfológicos do perfil 13.	60
Quadro 5. Dados físicos e morfológicos do perfil 17.	61
Quadro 6. Dados físicos e morfológicos do perfil 19.	62
Quadro 7. Dados físicos e morfológicos do perfil 20.	64
Quadro 8. Dados físicos e morfológicos do perfil 21.	64
Quadro 9. Dados físicos e morfológicos do perfil 23.	66
Quadro 10. Dados físicos e morfológicos do perfil 25.	66
Quadro 11. Dados químicos do perfil 1.	68
Quadro 12. Dados químicos do perfil 5.	69
Quadro 13. Dados químicos do perfil 9.	69
Quadro 14. Dados químicos do perfil 12.	71
Quadro 15. Dados químicos do perfil 17.	72
Quadro 16. Dados químicos do perfil 19.	72
Quadro 17. Dados químicos do perfil 20.	74
Quadro 18. Dados químicos do perfil 21.	74
Quadro 19. Dados químicos do perfil 23.	75
Quadro 20. Dados químicos do perfil 25.	75

Quadro 21. Significância de coeficientes de regressão múltipla entre propriedades químicas do solo como variáveis dependentes e, como variáveis independentes, os atributos: distância do topo (d), diferença de nível (DN), argila, silte, material orgânico, espessura do horizonte B considerado (E), índice de vermelho de TORRENT (IV) e coeficiente de regressão (r^2).

91

Quadro 22. Significância de coeficientes de regressão simples entre propriedades químicas do solo como variáveis dependentes e, como variáveis independentes, os atributos: distância do topo (d), diferença de nível (DN), argila, silte, material orgânico, espessura do horizonte B considerado (E), e índice de vermelho de TORRENT (IV).

94

"INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO TOPOGRÁFICA, DO MATERIAL DE ORIGEM E DO
LENÇOL FREÁTICO SUSPENSO EM UMA CATENA DE SOLOS EM MOCOCA
(SP) "

AUTOR : FRANCISCO MORATO SCATOLINI

ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS MONIZ

RESUMO

Através de análises físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas, procurou-se verificar a natureza e o grau de influência dos fatores atuantes na diferenciação catenária em uma vertente, onde a presença de um lençol freático suspenso sugeria que este fosse o principal responsável pela variabilidade dos solos ao longo da encosta.

A análise sistemática realizada no campo da organização vertical e lateral dos horizontes e camadas de solo possibilitou evidenciar a ocorrência de uma descontinuidade litológica em profundidade, nas posições mais elevadas da vertente, em superfície na posição mediana e em subsuperfície nas posições topograficamente inferiores.

A compartimentação da vertente de acordo com cinco elementos básicos possíveis de serem encontrados permitiu a

avaliação do efeito da posição ocupada pelos solos na topografia em seus atributos. A identificação do tipo de material de partida mostrou-se de sobremaneira importância na interpretação das modificações nos aspectos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos estudados.

A presença do lençol freático suspenso na porção topograficamente inferior do segmento ombro da vertente influenciou o solo aí localizado, bem como os solos situados na posição de meia encosta, onde foram observadas concreções ferruginosas e material plíntico resultantes da remobilização do ferro na zona de hidromorfismo, que no elemento meia encosta foi submetido às condições oxidantes que predominam nos segmentos de topo, meia encosta, sopé e na maior parte do elemento ombro. Não foi possível evidenciar a ocorrência de ferrólise no solo submetido ao efeito da flutuação do lençol freático suspenso, sendo que as diferenças texturais observadas entre os horizontes A e B na maioria dos solos podem ser atribuídas ao processo de "lessivagem" em função da cerosidade observada nos horizontes B.

O desenvolvimento progressivo da espessura do horizonte B com estrutura em blocos nos solos desenvolvidos, a partir de material retrabalhado, foi atribuída às alterações plásticas desse material, como resultado de ciclos de umidecimento e secamento que freqüentemente ocorrem na região do perfil de solo afetado pelo fluxo lateral da água em subsuperfície.

As variações na mineralogia, tanto em profundidade como lateralmente, devem-se principalmente à não uniformidade do material de partida, ou ainda à proximidade da litologia subjacente nos horizontes e camadas resultantes exclusivamente de alteração "in situ". Os aspectos químicos, além de serem influenciados pelo material de origem, foram também afetados pelo fluxo lateral de subsuperfície, que promoveu um empobrecimento em bases nos solos situados nas posições topograficamente mais elevadas e um enriquecimento nos situados nas posições mais inferiores. O influxo subsuperficial de silício na região onde ocorre o lençol freático suspenso pode explicar a ocorrência de minerais 2:1 no material aí situado, já que o mesmo desenvolve-se de material retrabalhado submetido a pedogênese anterior a sua deposição nesse local.

A análise estatística através de regressões múltiplas e simples não trouxeram novas evidências sobre os fatores e processos pedogenéticos que estariam atuando e pouco colaboraram com as interpretações feitas a partir das demais metodologias utilizados, talvez pela falta de um emprego mais apurado desse recurso.

INFLUENCE OF THE TOPOGRAPHIC POSITION,
OF THE PARENT MATERIAL AND OF THE PERCHED
WATER TABLE ON A SOIL CATENA IN MOCOCA (SP)

Author: Francisco Morato Scatolini

Orientation: Antonio Carlos Moniz

SUMMARY

The nature and degree of influence of the actuating factors on the catenary differentiation of a hillslope where a perched water table was thought to be the main responsible for the variability of the soils along the slope were determined through physical, chemical, morphological and mineralogical analysis.

The systematic analysis in the field of the vertical and lateral organizations of the horizons and layers of soil made possible to evidence the occurrence of a lithological discontinuation in depth, in the highest position of the hillslope, in the surface of the median position and in the subsurface of the lowest topographical positions.

The compartmentalization of the hillslope according to the five basic elements that can be found, allowed to evaluate the effect of the position of the soils in the topography according to their attributes. The identification of the type parent material showed to be of the utmost importance when interpreting the modifications of the physical, chemical, morphological and mineralogical aspects which were studied. The presence of the perched water table in the lowest topographic portion of the hillslope shoulder influenced the soils nearby as well as the soils of the backslope, where ferruginous concretions and plinthic material were observed as a consequence of the remobilization of the iron in the hydromorphous zone, whose backslope element was submitted to oxidant conditions prevailing in the summit, backslope and footslope segments and in most of the shoulder element. It was not possible to show the presence of ferrolysis in the soil submitted to the fluctuation effect of the perched water table and the differences in texture seen between horizons A and B in most of the soils can be attributed to the lessivage process as a function of the cerosity observed in the horizon B.

The progressive development of the thickness of the horizon B with block structure in the soils developed, from elaborated material, was attributed to the plastic alterations of this material, as a result of the moistening and drying cycles which often occur in the region of soil profile affected by the lateral subsurface water flow.

The mineralogy variations, in depth and laterally, are mainly due to the non-uniformity of the parent material, or else to the proximity of the underlying lithology of the horizons and layers which are a result only of the alterations 'in situ'. The chemical aspects besides being influenced by the parent material, were also affected by the lateral flow in the subsurface, which promoted depletion of bases in soils of high topographic position and enrichment of those in the lowest positions. The subsurface influx of silicon in the region where the perched water tabel is can explain the presence of minerals 2:1 in this material, since it develops from reworked material submitted to pedogenesis before being deposited in the area.

The statistical analysis through multiple and simple regressions did not produce new evidences concerning pedogenic factors and process which could be actuating and little colaboration was given when interpreting other methodologies, perhaps due to due the lack of a more accurate use of this resource.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de seqüência de solos tem se mostrado ser uma maneira bastante eficiente para avaliar a influência dos diferentes fatores de formação no desenvolvimento das características e propriedades do perfil de solo. Com base na "equação fundamental" proposta por JENNY (1941), na qual o solo ou um determinado atributo deste é resultado da interação dos denominados fatores de formação, pode-se idealizar e talvez esperar situações onde apenas um dos fatores variaria enquanto os demais permaneceriam constantes. Para situações desse tipo, o referido autor chamou de "fatores dominantes" àqueles que variam e de "fatores subordinados" os que permanecem inalterados.

Muito embora na prática isto não seja frequentemente observado, principalmente porque o fator material de origem nas diferentes posições do relevo é fortemente afetado pela natureza dinâmica dos processos geomorfológicos. Situações assim possibilitariam aos pedólogos avaliar o grau de influência de um fator de formação em específico no desenvolvimento dos atributos de um determinado solo.

MILNE (1935), utilizou o termo "catena" como uma unidade de mapeamento para descrever uma regular repetição dos solos na paisagem, a qual envolveria situações onde o material de origem dos solos seria uniforme nas diferentes posições do relevo, como também outras onde mais de um tipo de material de partida estaria afetando a gênese dos solos. O conceito comu-

mente utilizado de topossequência estaria, portanto, restrito às situações onde as diferenças nos solos na catena seriam apenas o resultado de variações nas condições de drenagem e do movimento de material em superfície e em subsuperfície.

O presente trabalho tem por objetivo estudar uma catena de solos onde a presença de um lençol freático suspenso na posição de meia encosta estaria influenciando a diferenciação dos solos na sequência. Para tanto, foram levantadas as seguintes hipóteses de trabalho:

1. O lençol freático suspenso seria o principal responsável pela diferenciação dos solos na sequência.
2. Modificações no material de origem associadas a presença do lençol freático suspenso estariam afetando a variabilidade dos solos na sequência.
3. As condições de drenagem e o movimento de material tanto em superfície como em subsuperfície relacionadas à posição ocupada na topografia, bem como o lençol freático suspenso estariam afetando a diferenciação dos solos na sequência.
4. A posição ocupada na topografia, o material de origem e o lençol freático suspenso estariam conjuntamente modificando os atributos dos solos ao longo da sequência.

2. REVISÃO DE LITERATURA:

2.1. Os fatores e processos de formação do solo.

BUOL et alii (1980), definem os fatores de formação do solo como "agentes, forças ou condições, que influenciam, têm influenciado, ou podem influenciar o material de partida de um solo". Cinco fatores são usualmente utilizados para definir o estado do sistema solo. São eles: clima, organismos, topografia, material de origem e tempo (BIRKELAND, 1984).

A partir do reconhecimento desses fatores, equações foram formuladas para expressar a influência destes agentes em certas propriedades do solo. A mais comumente citada é a equação fundamental de JENNY (1941):

S ou $s = F(cl, o, r, p, t, \dots)$, onde S representa o solo, s algumas propriedades do solo. cl o clima, p o material de origem e t o tempo. Os pontos após t denotam a ação de fatores não específicos.

Apesar da interdependência entre os fatores de formação revelada na equação fundamental, seqüências de solo podem ser estudadas onde predomina ação de apenas um dos fatores

considerados. Para esta situação JENNY (1980) estabelece seguintes funções:

$$s = f(\underline{cl}, o, r, p, t, \dots) \text{ Climossequência.}$$

$$s = f(\underline{q}, cl, r, p, t, \dots) \text{ Biossequência.}$$

$$s = f(\underline{e}, cl, o, p, t, \dots) \text{ Topossequência.}$$

$$s = f(\underline{p}, cl, o, r, p, t, \dots) \text{ Litossequência.}$$

$$s = f(\underline{t}, cl, o, r, p, t, \dots) \text{ Cronossequência.}$$

O fator sublinhado varia, enquanto os demais permanecem constantes. Tais casos, quando encontrados, permitiriam avaliar melhor os efeitos da atuação de um determinado fator de formação em específico, uma vez que, nessas situações, a variabilidade observada nos solos presentes na sequência seriam resultantes exclusivamente da ação do fator variante.

A formação de um perfil de solo é vista por Simonson (1978), como o efeito combinado de adições a superfície do solo, transformações e transferências verticais (tanto para cima como para baixo) dentro do solo e da remoção de material do solo. A maioria das adições são de matéria orgânica oriunda da vegetação superficial, ions e partículas sólidas introduzidas pelas chuvas e enxurradas e de partículas carregadas pelo vento. Transformações incluem a decomposição da matéria orgânica, o intemperismo dos minerais primários e secundários, como também os processos de neoformação de minerais resultantes de modificações pedoambientais. Transferências geralmente envolvem o movimento de ions, partículas sólidas e outras substân-

cias transportadas pela água no solo (BIRKELAND, 1984).

BUOL et alii (1980), definem os processos responsáveis pelo desenvolvimento do perfil de solo como "um complexo ou sequência de eventos, incluindo complicadas reações ou comparativamente simples redistribuição de matéria, que afetam o solo no qual eles operam". Vinte e nove processos específicos são citados (eluviação, melanização, dessilicatização, etc...) distribuídos em quatro categorias generalizadas que correspondem aos processos descritos por Simonson (1978).

Para BIRKELAND (1984), os processos formam o solo, enquanto os fatores definem o estado do sistema do solo. WILDING et alii (1983) relatam a importância destes processos no desenvolvimento do perfil de solo, claramente refletida pela sua utilização como critério de classe na "Soil Taxonomy" (USDA, 1975) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (CAMARGO et alii, 1987).

2.2. O material de origem como fator de formação do solo.

JENNY (1941), define o material de origem como "o estado do sistema solo no tempo zero de formação do solo". Segundo BUOL et alii (1980) e BIRKELAND (1984), sua influência nas características do solo é maior em regiões secas e nos estágios iniciais do desenvolvimento do solo.

A intensidade dos processos de intemperismo, regulada basicamente pelas condições climáticas e natureza do mate-

rial de partida, esta última determinada pela composição mineralógica nas rochas associada à textura nos sedimentos não consolidados, controlam o grau de influência do material de origem nas características do solo. Essa relação é descrita por ARNOLD (1968), BOUL et alii (1980), JENNY (1980) e BIRKELAND (1984). Esse último autor, ressalta a grande influência das características do material de partida na formação dos minerais de argila, como uma função das condições climáticas.

Nos estudos de sequência de solo a identificação do material de origem é fundamental para uma melhor avaliação do grau de influência dos diferentes fatores e processos pedogenéticos na variabilidade dos solos (ARNOLD, 1968).

A averiguação de descontinuidades litológicas, quando o material de origem não pode ser claramente identificado no campo, é realizada através de testes mineralógicos indicados por diversos autores (BIRKELAND, 1984). BREWER (1976) sugere a utilização da proporção entre minerais resistentes e não resistentes ao intemperismo como um indicador da não uniformidade do material de origem. NORTON e HALL (1985), utilizam o conteúdo de zircão, potássio e titânio na fração de 5 a 50 μ para avaliar a ocorrência de descontinuidades litológicas. Relações granulométricas entre sub-frações de areia também podem ser utilizadas para detectar possíveis variações no material de origem nos horizontes A e B (DEMATTÊ, 1975; LEPSCH, 1975).

Ruhe (1959) utiliza a presença de linhas de pedras no perfil de solo como um indicador da não uniformidade do ma-

terial de partida (BIRKELAND, 1984). A ocorrência de linhas de pedras evidenciando descontinuidades litológicas é muito frequente nas regiões tropicais e sub-tropicais, uma vez que durante todo o quaternário, um grande número de oscilações climáticas resultaram em intensa morfogênese mecânica relacionada às fases de clima seco (BIGARELLA e ANDRADE, 1965; PENTEADO, 1969; AZOLIN et alii, 1975; WATANABE, 1979; LEPSCH e BOUL, 1986).

Mudanças texturais abruptas muitas vezes são devidas a recobrimentos arenosos superficiais (QUEIROZ NETO, 1975; ESWARAM e SYS, 1979; SCHWERTMANN et alii, 1983), podendo também serem resultantes da não uniformidade de materiais de partida de origem sedimentar, conforme hipótese sugerida por JIMENEZ RUEDA e DEMATTÊ (1988) para explicar os elevados gradientes texturais observados em solos originados de lamitos na região de Monte Alto (SP)

BIRKELAND (1984), refere-se à íntima relação existente entre pedologia, geomorfologia e geologia, evidenciada pela ocorrência de depósitos coluviais e aluviais na base das vertentes e nos vales dos rios. Essas deposições de material e o processo erosional do relevo dificultam o isolamento do material de origem dos demais fatores de formação do solo, servindo para demonstrar a natureza dinâmica dos sistemas geomorfológicos e pedológicos.

2.3. A posição topográfica condicionando a distribuição dos solos no relevo.

O "Soil Survey Manual" (1951) define topografia como sendo as características do relevo representadas em um mapa topográfico, onde o relevo é referido como as desigualdades da superfície da terra consideradas coletivamente (BUOL et alii, 1980). BIRKELAND (1984), considera topografia como o relevo local, cujas características afetam a distribuição dos solos na paisagem, como resultado da combinação de processos geológicos superficiais, pedogenéticos e microclimáticos. A forma, a orientação e o gradiente de declividade da vertente, associados à posição ocupada pelo solo na topografia, regulam a natureza e o grau dessa influência.

MILNE (1935) introduziu o termo catena para descrever a influência da topografia na diferenciação lateral dos solos, enfatizando que cada solo ao longo da vertente apresenta distintas relações com os solos acima e abaixo dele, por uma variedade de razões geomórficas e pedológicas.

O conceito de catena tem sido freqüentemente utilizados por vários autores como definição de toposequência (BUOL, et alii, 1980; BIRKELAND, 1984). Para HALL (1983), toposequência apresenta uma conotação morfológica, refletida por alterações nas cores em função da posição topográfica ocupada pelo solo, consequência de diferentes condições de drenagem. Por outro lado, catena apresentaria uma conotação de causa-

efeito. Os solos na catena não diferem apenas morfologicamente, mas diferenciam-se como resultado de erosão, transporte e deposição de material superficial, como também da remoção, translocação e deposição de constituintes específicos e químicos nos solos.

Milne (1936) considera dois tipos de catena: O primeiro, onde o material de origem é uniforme, a diferenciação catenaria é resultante apenas de diferenças nas condições de drenagem e no movimento lateral de material, tanto na superfície como em subsuperfície. No segundo tipo, a diferenciação dos solos também seria afetada pela não uniformidade do material de partida ao longo da catena. A limitação do conceito de catena para sequências de solos que se diferenciam somente devido as variações nas características hidrológicas, frequentemente ignora os processos sedimentológicos que ocorrem na maioria das paisagens (HALL, 1983).

2.3.1. Catena como uma toposfunção.

Para GERRARD (1981), as diferenças entre os solos de uma catena onde não ocorre diversidade litológica, estão geralmente relacionadas à posição topográfica ocupada pelo solo e às condições de drenagem a esta associadas.

Segundo HALL (1983), o movimento e a distribuição da água na vertente é a principal razão para a diferenciação dos solos na catena. As águas da chuva que caem sobre a superfície

do solo podem seguir três principais caminhos: fluxo de superfície, de subsuperfície e percolação profunda. A quantidade de água que se movimenta por cada uma dessas vias é governada por uma complexa interrelação de fatores, que incluem a quantidade e duração das chuvas, a permeabilidade dos solos, o material subjacente, a cobertura vegetal, as condições físicas da superfície do solo e as características topográficas.

Nas regiões úmidas, o movimento lateral da água em subsuperfície é mais importante que o fluxo lateral em superfície (GERRARD, 1981; HALL, 1983; BIRKELAND, 1984). Segundo MONIZ e BOUL (1982), o fluxo lateral de subsuperfície pode seguir duas vias preferenciais de escoamento, uma mais próxima da superfície, lateral propriamente dito, e outra em zonas mais profundas referente ao movimento lateral da água sob condições saturadas no nível freático, denominado fluxo basal.

A tendência da água se movimentar lateralmente, em direção às partes baixas da vertente, deve-se à acentuada anisotropia frequentemente observada nos valores de condutividade hidráulica no perfil de solo (ZASLAVSKY e ROGOWSKY, 1969).

As condições saturadas ou não nas quais o fluxo lateral de água de subsuperfície pode ocorrer são influenciadas pela forma e contorno da vertente, que, de acordo com HUGGETT (1975), direcionam as linhas de fluxo. Um outro fator condicionador é a posição topográfica, conforme os trabalhos citados por HALL (1983).

A translocação lateral em subsuperfície de material em solução e partículas em suspensão, afetando principalmente

os solos situados nas partes baixas da vertente, é relatada por diversos autores (ANDRADE et alii, 1976; GERRARD, 1981; MONIZ et alii, 1982; HALL, 1983; BIRKELAND, 1984; CURI e FRANZMEIER, 1984 e KAMPF e DICK, 1984). Segundo esses autores, o movimento lateral da água carrega em solução principalmente Na, K, Ca, Mg, Si, Fe, Al e Mn. Huggett (1976) cita que o material transportado em suspensão é composto por silte, argila, óxidos hidratados e hidróxidos amorfos de Al, Fe, Mn e Si (HALL, 1983).

O influxo de material translocado em solução nas partes baixas da vertente altera a composição mineralógica dos solos aí situados, uma vez que os parâmetros da solução do solo que controlam a estabilidade dos minerais são modificados, notadamente a relação Si/Al (KITTRICK, 1977; MELFI et alii, 1979; PEDRO e MELFI, 1983; SCHWERTMANN, 1983). Associada a esse aporte de material em solução, as condições de drenagem local deficientes possibilitam a ressilificação da gibsita e/ou caulinita em materiais previamente intemperizados em ambientes pretéritos (MELFI et alii, 1979; MONIZ et alii, 1982). Tais condições também impedem a dessilificação de minerais do tipo 2:1 (ANDRADE et alii, 1976; GALHEGO e ESPINDOLA, 1979), como também influem na natureza dos compostos ferruginosos e, conseqüentemente, na cor dos solos (VOLKOFF e RIBEIRO, 1979; CURI e FRANZMEIR, 1984; KAMPF e DICK, 1984; SCHWERTMANN, 1985).

Segundo MONIZ e BOUL (1982), o desenvolvimento de uma camada mais densa acima ou abaixo de uma camada de menor

densidade e com a mesma textura, associada a zona de circulação de água da componente situada mais próxima da superfície do modelo de duplo-fluxo lateral proposto pelos autores, seria resultante de uma deformação plástica induzida por ciclos alternados de umedecimento e secamento. PEDRO et alii (1976) e CARVALHO et alii (1983), sugerem esse mesmo processo de alteração plástica, porém devido a uma desionização contínua do material, como causa da transformação micromorfológica característica do processo de ferralitização, embora a modificação estrutural por eles sugeridas siga em sentido inverso ao proposto por MONIZ e BUOL (1982). Em contraste ao observado por PEDRO et alii (1976). PESSOA et alii (1980), estudando o desenvolvimento da estrutura em pozólicos e latossolos derivados de granulitos, verificaram que este não tem correlação com o grau de floculação das argilas que, segundo van WAMBEKE (1983), é tanto maior quanto mais desionizado é o meio.

A previsão da ocorrência de determinados solos em específicas posições da vertente é descrita em vários trabalhos citados por HALL (1983). Com base no modelo de compartimentação da vertente proposto por RUHE (1975), no qual cinco elementos básicos são reconhecidos (Figura 1), o primeiro autor descreve um resumo dos principais processos que ocorrem em cada um dos segmentos básicos da vertente.

FIGURA 1. ELEMENTOS BÁSICOS DA VERTENTE DE ACORDO COM RUHE (1975). EM PRIMEIRO PLANO O MODELO DE WOOD DE 1942 E EM SEGUNDO PLANO O MODELO DE RUHE DE 1960. (FONTE: HALL, 1984).

"Summit" (topo ou interflúvio): Esta posição é considerada o elemento mais estável da vertente. O movimento da água é predominantemente vertical, exceto próximo a transição para o "shoulder", onde algum movimento lateral de subsuperfície pode ser esperado. Os solos nessa posição tendem a ser mais uniformes e espessos que em outros segmentos da vertente, notadamente quando o material apresenta uma maior permeabilidade. As condições de drenagem livre observadas nessa situação favorecem o processo de dessilificação parcial ou total dos alumino-silicatos, acompanhada por desalcalinização, que, nas condições de médio a elevado intemperismo encontradas nas regiões tropicais, resultaria nos processos geoquímicos denominados caulínização e laterização, por JACKSON (1964) ou monossiafilização e ferralitização conforme PEDRO e MELFI (1983).

"Shoulder" (ombro): Caracterizado por apresentar uma forma convexa, esse segmento da vertente favorece o escoamento superficial da água das chuvas. Dependendo do grau de inclinação, o movimento lateral superficial de material do solo ("Soil creep") pode tornar-se um importante processo nessa posição da vertente. O movimento lateral de subsuperfície da água é também aí favorecido em detrimento do movimento vertical através do perfil de solo. Nas zonas onde se concentra esse movimento preferencial (linhas de fluxo) em direção às posições inferiores da vertente, ocorre um incremento do processo de eluviação, resultando no desenvolvimento de um horizonte E (álbico). Quando ocorre redução desse fluxo próximo à superfície, o ferro se concentra, podendo resultar no surgimento

de concreções e, conseqüentemente, na formação de linhas de pedra (HAMILTON, 1964; HALL, 1983). A cada novo ciclo de entalhe da vertente, o ferro concentrado nessas regiões pode ser remobilizado e então transportado para posições topográficas inferiores (ALEXANDER e CADY, 1964; BIRKELAND, 1983).

"Backslope" (meia encosta): O processo dominante nessa posição é o transporte de material tanto em superfície como em subsuperfície. Assim sendo, esse segmento da vertente é considerado relativamente instável. O horizonte A dos solos aí localizados são menos espessos que nos solos situados em outras posições da vertente, com a exceção dos localizados no elemento "shoulder". O desenvolvimento do horizonte B textural é favorecido nesse segmento da encosta (HALL, 1983).

"Footslope" (sopé da encosta): A forma côncava é característica desse segmento da vertente. Material particulado, bem como material em solução, provenientes das partes mais elevadas da encosta são depositadas nessa posição. Zonas de infiltração reduzida são frequentes e resultam em elevada retenção de água. O conteúdo de bases, matéria orgânica e concreções ou nódulos de Mn, Fe e CaCO_3 , aumentam nesse elemento. O influxo de bases, Si e ferro propicia a ocorrência dos processos de ressecatificação (MONIZ e BOUL, 1982) e sialferrização (MELFI et alii, 1979; PEDRO e MELFI, 1983). Nessa posição também podem ser encontrados paleossolos como reflexo de drásticas alterações climáticas e/ou de vegetação.

"Toeslope" (declive aluvial): Esse segmento, como o anterior, é predominantemente de natureza construcional, ten-

dendo ainda para uma instabilidade maior do que é a normalmente observada no "fooslope". Materiais aluviais derivados de posições mais elevadas do vale, bem como algum material coluvial oriundo do "footslope" e "backslope", são depositados no "toelslope". Os solos situados nessa posição apresentam elevada variabilidade, refletindo a natureza diversificada dos materiais aqui depositados por periódicas fases de encharcamento e modificações no leito dos cursos d'água. Horizontes A tendem a ser espessos como resultado das frequentes deposições de sedimentos. Paleossolos são comuns nesse segmento. BERG et alii (1987a), descrevem a ocorrência de um solo orgânico soterrado nas planícies aluviais do Vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). KLINGE (1965 e 1967) associa a ocorrência de podzóis na Bacia Amazônica à presença de sedimentos arenosos de natureza aluvial depositados nos vales.

2.3.2. Catena como uma topolitofunção

Diferenças no material de partida dos solos em uma catena podem ocorrer mesmo que a geologia subjacente seja uniforme (GERRARD, 1981). Segundo esse autor, a catena pode ser considerada como um fenômeno com uma dimensão no tempo, podendo ser vista como uma parte essencial dos processos de erosão e deposição. A relação entre solos, topografia, material de origem e geologia subjacente é claramente ilustrada na figura 2.

O desenvolvimento de superfícies erosionais (HALL, 1983) ou superfícies de planação (GERRARD, 1981), resultando na formação de sequências deposicionais (DANIELS et alii, 1971), demonstram a influência dos processo geomorfológicos na natureza do material de partida dos solos em relação a posição topográfica ocupada.

Key

clay with flints	A Batcombe	brown earth	D Coombe	brown calcimorphic
Drift Head	B Winchester	brown earth	E Charity	brown earth
		C Wallop	brown calcimorphic	F Icknield	rendzina

FIGURA 2. INTERRELAÇÃO ENTRE SOLOS, TOPOGRAFIA E GEOLOGIA NAS COLINAS CHILTERN, INGLATERRA. (FONTE: GERRARD, 1981).

As oscilações climáticas que ocorreram no continente sul americano durante o Pleistoceno, relacionadas aos períodos glaciais e interglaciais do hemisfério Norte, resultaram em ciclos de processos erosivos e deposicionais associados às fases de clima semi-árido (BIGARELLA e ANDRADE, 1965). A ação desses processos provoca erosão em determinadas posições da vertente e deposição em outras, produzindo o que Nikiforoff (1949) denominou de perfis não cumulativos e cumulativos, respectivamente (BIRKELAND, 1984). BUTLER (1959), ao conceituar os ciclos do solo ("K cycle"), utiliza o termo "groundsurface zones" para demonstrar o efeito da periodicidade desses fenômenos nos solos e na paisagem.

CURI et alii (1984), concluíram que a variação na profundidade dos solos dentro de uma mesma superfície observada nas Encostas Superior e Inferior do Nordeste do Rio Grande do Sul, é condicionada pela variação local das taxas de pedogênese e erosão.

CARMO et alii (1984), estudando os latossolos da região do Alto Paranaíba (MG), verificaram que o Latossolo Variação Una Distrófico distribui-se pelos topos aplainados das vertentes, associado à presença de sedimentos finos como material de partida, enquanto que o Latossolo Roxo Distrófico ocupa o terço superior da encosta, ou, às vezes, sua parte intermediária, possuindo como material de origem o tufito, que apresenta composição química e mineralógica semelhante às das rochas basálticas, porém com estrutura diferente.

LEPSCH (1977), sugere que os solos situados nos interflúvios da região de ocorrência da formação Marília, membro mais recente do grupo Bauru, originam-se de pedissedimentos neocenozóicos mais recentes do que o material da formação Marília. MONIZ e CARVALHO (1973), PENTEADO e RANZANI (1973), QUEIROZ NETO (1975), QUEIROZ NETO e JOURNAUX (1978), em trabalhos realizados na mesma região, corroboram essa idéia.

LEPSCH e BUOL (1986) referem-se ao material de origem dos latossolos no Brasil como sendo frequentemente um material pseudo-autóctone ou retrabalhado, que pode ter sido submetido a vários ciclos de pedogênese e transporte, atuando como condicionador da distribuição desses solos na paisagem. A ocorrência de alternâncias de clima úmido e semi-árido durante o Pleistoceno teria resultado na "formação poligenética de material de origem do solo". Os autores observaram que esses depósitos superficiais, correlacionados com as planações Pleistocênicas estão associados à maioria dos interflúvios e às posições de níveis próximos, como também aos suaves e baixos relevos. A relação entre latossolo e paisagem foi também evidenciada por outros autores (RODRIGUES e KLAMT, 1978; DEMATTÊ e HOLAWAYCHUCK, 1974; LEPSCHE e BOUL, 1974; LEPSCHE et alii, 1977; MONIZ e BOUL, 1982; TIE-BI-YOUAN et alii, 1983; CARVALHO et alii, 1983).

AZOLIN et alii (1976), estudando a relação entre solo, superfície geomórfica e material de origem em uma região situada a sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, verificaram que a ocorrência de Brunizem Hidromórfico Vértico, A chernozê-

nica textura argilosa e Podzólico Vermelho-Amarelo Álico, A fraca textura média, estava associada a camadas deposicionais localizadas nas posições referidas como declividade aluvial e crista, respectivamente.

Os estudos de catenas têm mostrado que os solos não podem ser analisados isoladamente dos sistemas geomorfológicos dos quais eles são parte integrante (GERRARD, 1981). SCHWERTMANN et alii (1983) descrevem que o rejuvenescimento da paisagem através de incisão pelos sistemas de drenagem teve como consequência o recobrimento de imensas áreas com material re-trabalhado, produto de pedogênese anterior, sendo difícil encontrar superfícies e perfis de solos originais não afetados pelos processos de erosão e redeposição. Transições abruptas entre camadas ou horizontes, linhas de pedra e materiais re-trabalhados recobrendo perfis de solo são indicativos destes processos.

2.3.3. O efeito do hidromorfismo nos atributos do solo

Solos submetidos a condições hidromórficas comumente ocorrem nas mais baixas posições topográficas da paisagem, uma vez que nessas posições o nível freático se encontra mais próximo da superfície (BIRKELAND, 1984; WILDING e REHAGE, 1985). Em regiões úmidas e sub-úmidas o lençol freático apresenta um relevo similar ao relevo local, porém com menor amplitude que as variações topográficas. Como consequência desse relevo, um

gradiente levando à produção do movimento lateral da água é estabelecido (BUOL et alii, 1980). A saturação do solo causada pela flutuação do lençol freático é afetada pela infiltração e pelo fluxo lateral de subsuperfície da água. A infiltração é o processo dominante em amplas paisagens, enquanto o "interflow" prevalece em áreas de relevo mais acidentado (WILDING e REHAGE, 1985).

SCHWERTMANN et alii (1983) citam dois tipos de hidromorfismo. Um é devido à água subterrânea "empoleirada" ou lençol freático suspenso ("perched water table"), podendo ocorrer localmente em qualquer posição topográfica. O outro tipo é causado pela água subterrânea propriamente dita ("true groundwater") e, por isso, está restrito principaalmente aos vales atuais.

O desenvolvimento de um lençol freático suspenso resulta de camadas pedogênicas, litogênicas ou artificialmente induzidas, capazes de impedir o movimento da água. Camadas pedogênicas que apresentam baixa condutividade hidráulica incluem, entre outros, horizontes argílico de textura fina, plíntico e fragipan. Camadas litogênicas incluem corpos rochosos duros, rochas sedimentares de granulação fina ou cimentadas e sedimentos fluviais compactos e densos. Camadas de impedimento também podem ser artificialmente induzidas pelas operações de cultivo, pelo tráfego de veículos e pisoteio de animais (WILDING e REHAGE, 1985).

Independentemente do tipo de hidromorfismo, o efeito da duração e periodicidade do excesso de água nos processos

pedogenéticos e atributos do solo pode ser caracterizado por um acúmulo de matéria orgânica, como resultado da redução das taxas de decomposição sob condições anaeróbicas, como também pelo desenvolvimento de uma estrutura em blocos angulares ou subangulares e laminar de tamanho grande, a partir do fraturamento de uma estrutura prismática de dimensões maiores, formada em consequência de ciclos de dessecação e reumidecimento dos sedimentos saturados e por transformações resultante da alternância de condições de oxidação e redução, que incluem a mobilização e imobilização do ferro e manganês, bem como modificações na reação do solo, na morfologia e na macroporosidade. O desenvolvimento de horizontes álbicos, transformações envolvendo os argilominerais e translocação de sais solúveis, também são frequentemente observada nessas condições (WILDING E REHAGE, 1985).

Na presença de condições redutoras, o ferro dos óxidos de ferro é mobilizado. Dependendo da duração e da intensidade das condições anaeróbicas, o Fe mobilizado pode ser reoxidado na forma de mosqueados ferruginosos ou ser transferido para os cursos d'água, resultando na coloração branco-acinzentado do material do solo submetido a esse processo. A taxa de remoção, por redução de óxidos de ferro primários, tais como hematita, depende não somente do potencial redox (δh), da duração do período redutor, etc., mas também da acessibilidade dos óxidos de ferro à redução. Desta forma, a presença de nódulos duros de hematita envoltos por uma matriz completamente descolorada, sugere que estes nódulos sejam residuais e não

formados "in situ" (SCHERTMANN, 1983).

A presença de Goethita com baixa substituição em alumínio, associada à lepidocrocita, indica um ambiente de formação onde predominam condições redutoras características do hidromorfismo, enquanto a ocorrência de hematita é esperada em ambientes oxidantes (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1977; FITZPATRICK e SCHWERTMANN, 1982; SCHWERTMANN, 1983; KAMPF e DICK, 1984; SCHWERTMANN, 1985).

Períodos cíclicos de oxidação e secamento aparecem como condição essencial para a formação de nódulos ou concreções (ALEXANDER E CADY, 1962; FLACK et alii, 1969).

A ausência de nódulos em horizontes profundos de solos hidromórficos pode ser atribuída a condições contínuas de elevada umidade, que retardam a desidratação e cristalização do ferro ou resultam em completa remoção do solo das formas móveis (SCHWERTMANN e FANNING, 1976).

O excesso de umidade e o conseqüente acúmulo de matéria orgânica, provocado pela presença de um lençol freático suspenso, possibilita a redução do ferro pelos compostos orgânicos, que pode, então, migrar lateralmente com o movimento do lençol, acompanhando a inclinação da vertente. Segundo Anderson et alii (1982), a formação de zonas de acumulação de ferro tem início onde existe diferenciação de textura no material que permitem a oxidação e precipitação do ferro. A localização das acumulações de ferro em Cambissolos Brunos do Rio Grande do Sul e de Minas Gerais mostra que isso ocorre na transição entre os horizontes A e B, na interface de desconti-

nuidades litológicas em horizontes B e C, no contato lítico e litóide e em fissuras do saprólito ou da rocha (KAMPF e DICK, 1984).

Plintita e nódulos comumente ocorrem em solos presentes em antigas posições da paisagem que foram submetidas a alternância de condições redox. Para que material petroférico possa se acumular nesses sistemas, o período de saturação deve ser suficiente para causar redução, mas não suficientemente longo para que as formas dissolvidas sejam removidas do sistema por difusão ou lavagem (van WAMBEKE et alii, 1983). FLACK et alii (1969), referem que a ocorrência de concreções e crostas ferruginosas frequentemente encontradas em profundidade no subsolo são comumente reconhecidas como descontinuidade litológica. O caráter residual deste contato também é considerado por TRUCKENBRODT e KOTSCHOUBEY, 1981; SCHWERTMANN et alii, 1983).

A redução dos óxidos de ferro amorfos e cristalinos em solos saturados durante a decomposição da matéria orgânica é devida a uma reação enzimática da microflora do solo e ocorre preferencialmente nas formas solúveis em oxalato de amônio (MUNCH e OTTOW, 1980, 1983). A participação do material orgânico neste processo é essencial, pois é responsável pela demanda e deficiência de oxigênio (SCHWERTMANN et alii, 1983).

A alternância de oxidação e redução do ferro em ambientes periodicamente saturados pode levar a acidificação do solo (WILDING e REHAGE, 1985). Em solos ácidos, o ferro em solução substitui parte dos cátions trocáveis durante o perío-

do de saturação. Isso pode ser inferido pelo aumento do teor de bases em solução, que frequentemente acompanha a redução do material do solo (BUOMA, 1983).

Brinkman (1970) criou o termo ferrólise para denominar um complexo processo que envolve uma sequência de repetidos ciclos, cada um compreendendo uma fase aeróbica e uma anaeróbica. A oxidação da matéria orgânica produz a energia para conduzir todo o ciclo de ferrólise. Os solos após submetidos a este processo apresentam um teor muito baixo de argila e cátions trocáveis. A destruição de argila por ferrólise é muito mais eficiente que pelo ataque e complexação por ácidos orgânicos, requerendo dez vezes menos matéria orgânica. Durante a fase anaeróbica o ferro é reduzido. O ferro em solução substitui os cátions trocáveis, que, então, são removidos. Esta remoção no caso do alumínio é apenas parcial e ocorre somente nos estágios iniciais da fase de redução.

Durante a fase aeróbica seguinte, o ferro em solução é oxidado, produzindo hidróxidos férricos e íons de hidrogênio. A saturação das argilas com H^+ causa espontânea liberação de alumínio das posições octaédricas nos argilominerais. Então, em cada ciclo, cátions são removidos e uma parte da grade das argilas é destruída. Com continuados ciclos de ferrólise em solo sazonalmente saturados, mesmo que originalmente rico em bases, pode eventualmente desenvolver-se um solo cinza com baixo teor de argila e baixa capacidade de troca de cátions. O horizonte ferrolizado apresenta uma reação do solo próxima à neutralidade quando em condições redutoras, mas ácida se essas

são oxidantes (BRIKMANN, 1970, 1977, 1979).

Solos hidromórficos geralmente apresentam maiores teores de argilominerais do tipo 2:1 em relação aos solos melhores drenados situados em posições mais elevadas da mesma vertente. Isso pode ser atribuído a regimes de intemperismo menos intensos e/ou a neoformação destes minerais em consequência do influxo de bases e sílica (GRIM, 1953; BORCHARDT, 1977; FANNING e KERAMIDAS, 1977; MONIZ e BUOL, 1982; BESOAIN, 1985; WILDING e REHAGE, 1985). A formação de vermiculita, montmorilita ou illita é controlada pelas relações K^+/Ca^{++} , K^+/Mg^{++} , K^+/Na^+ e K^+/H^+ , bem como pela presença de Fe^{++} , enquanto que a relação Si/Al na solução do solo condiciona a estabilidade destes minerais (FANNING e KERAMIDAS, 1977; KITTRICK, 1977; LINDSAY, 1979; BESOAIN, 1985). Ambientes hidromórficos também favorecem a ocorrência de ferrihidrita e leptocrocita (SCHWERTMANN e KAMPF, 1983). O grau de substituição em alumínio é menor ou inexiste nestas condições; assim sendo, a goethita em solos hidromórficos apresenta baixa ou nenhuma substituição em Al, distintamente da encontrada em ambientes com melhor drenagem (SCHWERTMANN, 1983; CURI e FRANZMEIR, 1984). A hematita inexiste em condições redutoras, quando encontrada, é de natureza residual (SCHWERTMANN, 1984). Os fatores pedoambientais que condicionam a estabilidade das diferentes formas de ferro são descritos por SCHWERTMANN e TAYLOR (1977) e LINDSAY (1979).

Quatro tipos de solos hidromórficos podem ser distinguidos em função do grau e tempo de saturação pela água

Quatro tipos de solos hidromórficos podem ser distinguidos em função do grau e tempo de saturação pela água (BLUME e SCHLICHTING, 1985), são eles:

- "submerged soils" (saturação permanente e total)
- "floodwater soils" (saturação temporária e total)
- "groundwater soils" (saturação permanente no subsolo)
- "surface water soils" (saturação permanente ou temporária no topo do solo)

2.4. Métodos de estudo na gênese de solos

BUOL et alii (1984), citam quatro métodos gerais de análise utilizados nos estudos de gênese de solos. O Método da "variável independente" pressupõe que apenas um fator varia, enquanto os demais permanecem constantes. Esta suposição foi utilizada por JENNY (1941, 1980) ao estabelecer as funções derivadas da "equação fundamental", formulada a partir do reconhecimento dos fatores de formação.

O "método da variável dependente" considera o sistema solo como uma função de "n" variáveis, onde cada uma pode ser escrita em função de todas as outras, produzindo "n" equações. Ele tem a vantagem de considerar o sistema como um todo, embora os resultados obtidos possam ser muitas vezes irreais, principalmente quando aplicado para grandes regiões onde as

condições que afetam o solo são extremamente variáveis. No "método de macroanálises", os agentes que afetam o sistema solo são divididos em macro grupamentos. Este método é o meio termo entre a simplicidade das interrelações enfocado no método da variável independente e a complexidade induzida no método da variável dependente. Os estudos de catenas e a associação de solos em classes taxonômicas são exemplos da utilização de macroagrupamentos. Finalmente, o "método de análises numéricas" consiste na determinação de índices de similaridade e dissimilaridade dos dados de cada solo com os dos demais solos, arranjados em uma ordem uni ou multidimensional. Simulações através de computador são utilizadas nesse caso.

ARNOLD (1965) sugere a utilização de hipóteses múltiplas de trabalho para interpretação das características observadas no solo, podendo ser expressas como modelos sequenciais, cada uma representando um modo alternado de desenvolvimento. Essas hipóteses concentram a atenção em cima da unificação da fragmentada coleção de dados e dos dispersos conceitos genéticos.

WILDING e DREES (1983) agrupam a variabilidade espacial do solo em duas grandes categorias: sistemática e casual. Variabilidade sistemática é uma gradual ou marcada mudança nas propriedades do solo como uma função da topografia, posição na vertente e dos fatores de formação do solo e/ou manejo do solo pelo homem. Sistemáticas variações frequentemente tornam-se muito complexas, dificultando o entendimento e impossibilitando sua expressão analiticamente. Quando isso ocorre, as mudan-

cas nas propriedades do solo não podem ser relacionadas a uma causa conhecida. Esse tipo de variabilidade ocorre ao acaso, como resultado da anisotropia vertical e lateral do solo em função da litologia, intensidade de intemperismo, erosão e deposição, e hidrologia diferencial, bem como erros analíticos, de amostragem e fatores biológicos.

Na amostragem em transeções a orientação dos alinhamentos é feita em função do tipo de variabilidade esperada. Quando sistemáticas mudanças nos atributos do solo são associadas às feições da vertente, as transeções devem ser orientadas ortogonalmente às isolíneas de nível, tal como a direção das variações. De outra forma, se as características da vertente parecem não influenciar na diferenciação dos solos, como no caso de superfícies aplainadas, as transeções podem ser orientadas casualmente ou paralelamente uma a outra com os intervalos de observações ajustados para formar uma espécie de grade ("grid sampling"). A partir de observações preliminares, os intervalos de amostragem podem ser ampliados quando a recorrência de condições similares é suficientemente frequente nestes segmentos da vertente. O estabelecimento dos intervalos de observação pode ser auxiliado por técnicas de autocorrelação (WEBSTER, 1978).

A aplicação de análises de autocorrelação, simples ou múltiplas, entre dados obtidos a partir de observações feitas em transeções, pode ser exemplificada pelos trabalhos de WALKER et alii (1968), LANYON e HALL (1981), van den BERG et alii (1978b), VIDAL TORRADO (1989).

3. MATERIAL E MÉTODOS:

3.1. Material:

3.1.1. Localização da Área:

A sequência de solos estudada está situada numa porção limítrofe da área pertencente a Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, município de Mococa, localizado na longitude 47 01' a oeste de Greenwich e latitude 21 28' sul, 665 metros (Figura 3).

3.1.2. Aspectos Climáticos

O tipo climático é do tipo Aw, de acordo com o critério de Koeppen (CARVALHO et alii, 1989a). A precipitação média anual é de 1584 mm, sendo que a maior erosividade das chuvas ocorre no período de outubro a março (CARVALHO et alii, 1989b). A temperatura média anual é de 21.8 C, com média mínima e máxima de 18 c e 21 C, respectivamente.

O balanço hídrico (Figura 4), caracteriza-se por uma estação seca bem definida nos meses de julho, agosto e setembro, sendo o excedente anual de 495 mm para um respectivo déficit de 68 mm (VIDAL TORRADO, 1989).

FIGURA 3. LOCALIZAÇÃO GERAL DA ÁREA ESTUDADA NO ESTADO DE SÃO PAULO.

FIGURA 4. BALANÇO HÍDRICO DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE MOCÓCA (SP) SEGUNDO O MÉTODO DE THORNWAITE E MATHER DE 1955. (FONTE: VIDAL TORRADO, 1989).

3.1.3. Aspectos Geomorfológicos:

A área em estudo está inserida regionalmente na faixa de transição entre duas divisões geomorfológicas do Estado de São Paulo: Depressão Periférica e Planalto Atlântico, mais especificamente na transição entre a Zona de Mogi Guaçu e Serrania de Lindóia, conforme IPT (1981a), e resumidamente descritas por VIDAL TORRADO (1989) da seguinte forma:

Zona de Mogi: O relevo é constituído por colinas médias, com predomínio de interflúvios com área de 1 a 4 km², de topos aplainados e vertentes de perfil convexo a retilíneo. Drenagem de média a baixa intensidade, padrão subtangular, vales abertos e fechados, planícies aluviais interiores restritas com presença eventual de lagoas. A declividade predominante é inferior a 15% e as amplitudes altimétricas inferiores a 100 metros.

Serrania de Lindóia: Relevo de morros paralelos, topos arredondados e vertentes com perfil retilíneo a convexo. A drenagem é de alta intensidade, padrão em treliça e localmente subdendrítica, vales fechados a abertos e planícies aluviais restritas. A declividade predominante é superior a 15%, com amplitudes altimétricas variando de 100 a 300 metros.

VIDAL TORRADO (1989) relata a ocorrência na área da E.E. de Mococa de colinas suaves com largas vertentes de perfil retilíneo a convexo, associadas a morros de topo arredondado com vertentes escarpadas.

A vertente aqui especificamente estudada apresenta uma declividade em torno de 10% e perfil convexo, associado a um topo aplainado e a um vale aberto. Na porção mediana da encosta, correspondente a um terço inferior da sequência de solos estudada, ocorre um afloramento rochoso que se estende por aproximadamente 500m alinhado com ligeira inclinação em relação as isolíneas de nível (Figura 5).

LEGENDA:

—X—X— LIMITES DA ÁREA DA E. E. DE MOCOCA

●●●● LOCALIZAÇÃO DO AFLORAMENTO
ROCHOSO (GNAISSES)

—●— LOCALIZAÇÃO DAS TRANSEÇÕES (T_1 , T_2)
E DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE
AMOSTRAGEM

ESCALA 1: 6250

Figura 5. Detalhe planialtimétrico da vertente estudada incluindo a localização das transeções, dos pontos de amostragem e do afloramento rochoso.

3.1.4. Aspectos Geológicos:

A geologia regional é referida ao chamado Complexo Varginha, de acordo com o mapa geológico (IPT, 1989b). É descrito como grandes áreas com terreno granítico-gnáissico de idade arqueana, caracterizado por uma grande variabilidade litológica, onde são encontrados migmatitos granulíticos, calcossilicáticos, anfibolíticos, xistosos, dioríticos e quartizíticos, incluindo termos gnáissicos a biotita e granada e pequenos corpos anfibolíticos regulares. Esta litologia abrange os municípios de Mococa, São João da Boa Vista e Caconde, no Estado de São Paulo, penetrando ainda pelo Estado de Minas Gerais.

A mesma região é denominada Complexo Pinhal por CAMPOS NETO & FIGUEIREDO (1985), onde a litologia é descrita com detalhamento maior. Segundo os autores, a área estudada situa-se na Suite Granito-Migmatítica Pinhal. A litologia é descrita como sendo composta de migmatitos estromáticos granítico a quartzo sienítico róseo ou cinza rosado.

VIDAL TORRADO (1989), através de observações de afloramentos rochosos na E.E. de Mococa, parte por nós acompanhada, identificou a ocorrência de migmatitos e gnaisses com predominância de minerais félsicos (quartzo, feldspatos e muscovita). Veios quartzíticos localizados também puderam ser observados na área da estação. Na sequência estudada, o afloramento rochoso que ocorre aproximadamente na porção mediana da vertente é constituído por blocos de gnaisses leucocráticos.

Observações realizadas em corte de estrada sugerem a ocorrência de depósitos superficiais neocenozóicos, evidenciados pela ocorrência de linhas de seixos de quartzo com graus variáveis de arredondamento, associados a concreções ferruginosas arredondadas, com certo grau de polimento, e matacões de gnaisses e blocos de arenito fracamente consolidado de granulacão fina.

Estes depósitos neocenozóios são constituídos por material de textura argilosa, bastante homogênea e com coloração 2,5 YR 4/6 (úmida), atingindo cerca de 8 metros nos pontos mais elevados da encosta especificamente aqui estudada.

3.1.5. Solos

O levantamento detalhado dos solos da E.E. de Mococa (LEPSCH et alii)¹, citado por VIDAL TORRADO (1989), mostra com muita clareza a distribuição dos solos na área da estação experimental. A figura 6 apresenta o mapa de solos elaborado pelos referidos autores, onde se colocou em detalhe a localização das transeções estudadas no presente trabalho.

(1) LEPSCH, I.F.; MONIZ, A.C.; VIDAL TORRADO, P. Levantamento pedológico detalhado da E.E. de Mococa. Em preparação.

Figura 6. Mapa de solos da E.E. de Mococa (SP).

Na vertente aqui especificamente detalhada, observou-se a seguinte sequência de solos:

Latossolo Vermelho Escuro Podzólico Distrófico, A moderado textura muito argilosa, situado no topo (perfil 1)

Podzólico Vermelho Escuro Latossólico Epiutrófico, A moderado textura muito argilosa, situado no ombro (Perfis 5 e 9).

Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico, Tb, A moderado textura argilosa situado no ombro (perfil 13);

Hidromórfico Cinzento Eutrófico, A moderado textura muito argilosa, situado no limite do ombro com a meia encosta (perfil 19).

Cambissolo Eutrófico, Tb, textura argilosa substrato gnaíse, situado na meia encosta (perfil 20)

Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico cascalhamento, situado na meia encosta (perfil 21).

Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, Tb, A moderado textura muito argilosa, situado no sopé (perfis 23 a 25).

Os perfis citados como representativos da sequência de solos estão localizados na traseção 1. Na transeção 2 foi observada a mesma sequência relacionada aos mesmos segmentos da vertente.

As características hidromórficas encontradas em posição intermediárias da sequência são resultantes do impedimento físico à livre circulação da água no solo, provocado pelo afloramento rochoso aí observado. O grau de expressão destas características hidromórficas varia a curtas distâncias (metros), como revelaram as demais observações de campo.

Com base em OLIVEIRA et alii (1975), estes solos apresentam um regime hídrico do tipo údico, ou seja, menos de 90 dias consecutivos de deficiência hídrica. O regime térmico é do tipo hipertérmico, sendo que a temperatura média anual no solo, medida a 40 cm de profundidade, é superior a 22 C e com amplitude superior a 5 C.

Solos podzólicos eutróficos de textura muito argilosa ou média/argilosa, semelhantes aos aqui encontrados, têm ocorrência significativa na região abrangida pelos municípios de Mococa, São José do Rio Pardo e Divinolândia (VIDAL TORRADO, 1989).

3.1.6. Vegetação Natural e Uso atual das Terras

Segundo RADAMBRASIL (1983) a Região se encontra no contato entre savana e floresta estacional semidecídua. A ocorrência, no passado, de modo generalizado, de uma floresta tropical subperenifólia ou latifoliada, nessa região, é hoje observada apenas em partes localizadas.

Em termos regionais, podem ser citadas as pastagens, a cana-de-açúcar e a cultura de café como principais formas de

ocupação do solo (VIDAL TORRADO, 1989).

Na vertente estudada, a posição mais elevada e aplainada (entre as cotas 720 e 710) está ocupada por um reflorestamento, pouco manejado, de *Eucaliptus* sp. Já a posição na vertente limitada pelas cotas 710 e 690, vem sendo utilizada para uma rotação de cultura do tipo soja-milho. Abaixo da cota 690 a área é ocupada por pastagem.

3.2. Métodos

3.2.1 Métodos de campo

3.2.1.1 Seleção da Área do estudo

Durante a execução do levantamento detalhado dos solos da E.E. de Mococa, identificou-se a presença de um vertente em que um afloramento rochoso, situado na porção mediana da encosta, provocava a formação de um lençol freático suspenso nessa posição. Tal fato sugeriu a ocorrência de uma topodrenagem sequência, definição citada para o termo "catena de solos" por BUOL et alii (1980). Esperava-se, portanto, que as diferentes condições de drenagem observadas em materiais da própria encosta fossem o fator determinante na variabilidade dos solos presentes.

3.2.1.2. Distribuição dos pontos de amostragem

Em se tratando de uma catena de solos, procurou-se direcionar duas transeções paralelas entre si, distantes 100 metros uma da outra e perpendiculares às isolíneas de nível. A utilização de duas transeções paralelas objetivou verificar possíveis variações laterais, embora previamente não esperadas. Uma vez direcionadas e localizadas as transeções, os pontos de amostras foram distribuídos regularmente a cada 25 metros, totalizando 25 pontos em cada uma das transeções, de forma a possibilitar a análise estatística dos dados obtidos (van den BERG¹). A figura 5 ilustra a localização plani-altimétrica desses pontos de amostragem.

3.2.1.3. Descrição da organização das camadas e horizontes de solo ao longo da vertente

O método utilizado para essa descrição foi inicialmente proposto por BOCQUIER (1971) e posteriormente desenvolvido por BOULET et alii (1982). Consiste basicamente em analisar sistematicamente a forma e o arranjo das camadas e horizontes dos solos, bem como verificar a distribuição dessa organização na paisagem.

¹van den BERG, M. Comunicação pessoal.

O perfil planialtimétrico da vertente aqui estudada, no qual as observações resultantes da utilização da metodologia acima descrita foram inseridas, foi elaborado a partir de dados de campo obtidos com o auxílio de um clinômetro e uma trena. A diferenciação das camadas e horizontes de solo foi baseada em aspectos morfológicos, principalmente na estrutura, textura, cor e natureza do material presente.

3.2.1.4. Identificação do material de origem dos solos

Procurou-se verificar possíveis variações no material de partida dos solos ao longo da catena em estudo a partir de evidências de campo obtidas durante o processo de amostragem. Para tanto, foram realizadas observações em trincheiras, barrancos em cortes de estrada, e por meio de tradagens convencionais (até 2 metros de profundidade) e profundas (até 9 metros), utilizando um trado tipo holândes com extensões acopláveis.

3.2.1.5. Amostragens e descrição dos solos

Os solos foram descritos em trincheiras abertas a intervalos regulares de 100 metros ao longo da transeção 1. Quando necessário, em função da variabilidade observada, novas trincheiras eram abertas em intervalos de 25 metros. A descri-

ção dos solos baseou-se nas normas preconizadas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (S.B.C.S., 1984). As designações e notações de horizontes foram feitas de acordo com as normas sugeridas pela EMBRAPA (1988). Os solos foram classificados com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (CAMARGO et alii, 1987).

As amostras foram coletadas a profundidades variáveis, em função dos limites entre os distintos horizontes reconhecidos. A identificação desses limites, quando as amostras eram coletadas por meio de tradagens, foi realizada a partir da distribuição sequencial das amostras coletadas pelo trado sobre uma lona plástica preta, sendo a profundidade atingida em cada amostragem determinada com o auxílio de uma trena metálica. Posteriormente era feita a separação das amostras distintas seguida pela homogeneização das amostras semelhantes, tomando-se como base os aspectos morfológicos observados (RANZANI¹).

Nos pontos de descrição dos perfis de solo, procedeu-se a coleta de amostras com estrutura indeformada em anel volumétrico para determinação da densidade do solo. Também foram coletadas, nesses mesmos pontos, amostras com estrutura preservada para futuros estudos micromorfológicos.

RANZANI, G. Comunicação pessoal

3.2.2. Métodos de Laboratório

As análises físicas e químicas, exceto o teor de umidade e a densidade do solo, foram efetuadas em amostras secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha (terra fina seca ao ar ou TSFA). As análises mineralógicas e a quantificação das diferentes formas de ferro e do potássio total foram restritas à fração argila. Todas as determinações, exceto o ferro e potássio totais, seguiram os procedimentos analíticos sugeridos por CAMARGO et alii (1986).

3.2.2.1. Análises químicas

O carbono orgânico foi determinado por oxidação com solução 1N de bicromato de potásio e ácido sulfúrico concentrado. As bases trocáveis determinadas (Ca^{++} , Mg^{++} e K^{+}), foram extraídas com acetato de amônio 1N a pH 1.0; o alumínio trocável (Al^{+++}), com KCl 1N e titulação com NaOH 0,1 N e a acidez potencial (H^{+} e Al^{+++}), com acetato de Cálcio 1N e titulada com NaOH 0,1 N. O hidrogênio trocável (H^{+}), foi estimado por diferença. O pH em água foi determinado potenciometricamente após 3 horas de repouso, relação solo/água 1:2,5.

A capacidade de troca de cátions (valor T), foi calculada pela adição da soma das bases determinadas (valor S) ao valor da acidez potencial. A porcentagem de saturação de bases

(valor V), foi estimada pela relação: $V = (S/T) \times 100$, enquanto a saturação por alumínio (valor m), pela expressão: $100 \times Al^{+++} / (Al^{+++} + S)$. Para a determinação da atividade da argila, utilizou-se a expressão: $T (100g \text{ argila}) = T (100g \text{ solos}) - (4,5 \times \% C) \times 100 / \% \text{ argila}$, conforme CAMARGO et alii (1989).

Os teores de óxidos de ferro livres foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica após extração em solução de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato ácido de amônio, respectivamente. O ferro e potássio totais foram determinados após digestão com ácido fluorídrico + nítrico e perclórico, segundo metodologia descrita por LIN e JACKSON (1982).

3.2.2.2. Análises físicas

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, utilizando-se como agente químico dispersante uma solução contendo hidróxido de sódio e hexa-metafosfato de sódio, e como agente físico, o agitador rotatório de Wiegner durante 16 horas a 30 rpm. A porcentagem de material com diâmetro superior a 2mm foi calculada a partir da peneiragem de 1 kg de material seco ao ar, com posterior pesagem do material retido na peneira. Nas amostras com teor de matéria orgânica superior a 5%, utilizou-se como pré-tratamento o ataque com peróxido de hidrogênio 30% a quente.

A densidade do solo foi calculada a partir das amostras com estrutura indeformada, coletadas no campo em anel volumétrico com capacidade para 50 cm³ de solo. O teor percentual de umidade foi determinado nessas mesmas amostras, tomando-se o cuidado para manter o teor de umidade encontrado no campo constante até a pesagem das amostras no laboratório.

3.2.2.3. Análises mineralógicas

Estas análises restringiram-se à fração argila, onde se concentram os minerais secundários indicadores da natureza e intensidade dos processos pedogenéticos. A separação da fração argila (< 2 μ), foi realizada através de sucessivas centrifugações da fração silte + argila, previamente separadas da fração areia por peneiragem úmida em peneira com abertura de malhas de 0,05 mm, durante 3 minutos a 750 rpm, conforme procedimento adotado no laboratório de física e mineralogia de solos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

A análise mineralógica da fração argila foi realizada por difratometria de raios-x em difratômetro HZG com radiação Cu-K α , em amostras orientadas preferencialmente sobre lâminas de vidros após remoção da matéria orgânica, do ferro livre e da saturação com potássio e magnésio. As lâminas contendo amostras saturadas com potássio foram analisadas secas no ar, bem como após pré-aquecimento a 350 C e 550 C. As saturadas com magnésio foram analisadas secas ao ar como também após

solvatação com etilenoglicol.

Os óxidos de ferro foram concentrados utilizando-se uma solução de NaOH 5N a 100°C por uma hora e posteriormente analisados em difratômetro de raios-x com radiação Co-K. As inferências quanto às variações nos teores de mica basearam-se nos dados obtidos na determinação do potássio total (ALEXIADES e JACKSON, 1966), como também pelo alargamento dos reflexos a $10^\circ 2\theta$ obtidos na difratometria de raios-x. As variações na quantidade relativa dos demais argilominerais presentes foi inferida pelo alargamento dos respectivos reflexos nos difratogramas de raios-x.

3.2.3. Métodos estatísticos

Para a análise estatística, usou-se regressão múltipla com modelo de equação linear do tipo:

$$\hat{y} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_iX_i + \dots + B_kX_k$$

onde $\hat{y}$ é o valor estimado da variável dependente y , X_1 a X_k , as variáveis independentes e B_1 a B_k , os coeficientes de regressão, conforme BERG et alii (1987b). Regressões simples utilizando as mesmas variáveis também foram usadas.

O índice de vermelho de Torrent (IV), utilizado como uma das variáveis independentes, foi determinado conforme KAMPF e SCHWERTMANN (1983): $IV = H^* \times C/V$, onde C e V corres-

pondem respectivamente ao croma e ao valor Munsell, enquanto H^* apresenta valores crescentes com a coloração vermelha. H^* a 12,5 para 7,5 R: 10 para 10 R: 7,5 para 2,5 YR: 5 para 5YR: 2,5 para 7,7 YR e zero para 10YR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Organização das camadas e horizontes de solo na topografia

A disposição dos horizontes e camadas nas transeções 1 e 2 é mostrada nas figuras 7 e 8, respectivamente. Pode-se observar a grande semelhança entre as duas sequências, o que indica uma distribuição espacial quase que homogênea da natureza das individualizações nelas representadas, com pequenas variações localizadas nas dimensões e no posicionamento desses elementos.

A ausência, na transeção 2, do horizonte Bw no sopé da vertente, bem como a variação na profundidade da camada de cascalhos e concreções ferruginosas no mesmo segmento, são resultados de uma ligeira diferença planialtimétrica na localização dos pontos de amostragem entre as duas transeções, o que pode ser verificado na Figura 5.

Este tipo de organização sugere que os solos situados no sopé da vertente desenvolvem-se a partir de material deposicional comumente relacionado a essa posição (BUTLER, 1959; GERRARD, 1981; HALL, 1983). A camada de cascalhos observada ao longo de toda a vertente e que inclui fragmentos angulosos ou com algum arredondamento de gnaiss e arenito, bem como seixos de quartzo e pequenos nódulos ferruginosos polidos, indica a natureza deposicional desse material

(FLACK et alii, 1969; LIMA et alii, 1977; KAMPF e KAMPT, 1978; TRUCKENBRODT e KOTSCHOUBEY, 1981). O corte de estrada descrito na figura 9 que secciona transversalmente o topo da vertente estudada, evidencia o caráter deposicional desta camada e consequentemente do material sobrejacente.

O espessamento progressivo do horizonte Bt com estrutura em blocos, média ou fortemente desenvolvida em sentido aos segmentos inferiores da vertente coincide com a zona preferencial para o fluxo lateral de água, mais precisamente para a componente mais superficial deste (GERRARD, 1981), o que para MONIZ e BUOL (1982), evidencia a influência primordial de ciclos de umedecimento e secamento, frequentes nessa região do perfil de solo, no desenvolvimento desse tipo de estrutura. A periodicidade desses ciclos teria como resultado a formação de um horizonte Bt às custas da degradação do horizonte Bw, o que explicaria o Bw sotoposto do Bt comumente observado nas regiões tropicais, onde a influência do movimento lateral de subsuperfície da água nos atributos do solo é mais expressiva.

Figura 7. Organização dos horizontes e camadas de solo na transeção 1.

Figura 8. Organização dos horizontes e camadas de solo na transeção 2.

Figura 9. Organização dos materiais em um corte de estrada (Mococa-Arceburgo) que secciona o topo da vertente estudada.

4.2. Variabilidade vertical

Na apresentação dos dados, diante do grande número de amostragens e análises realizadas para subsidiar os procedimentos estatísticos, procurou-se selecionar os perfis representativos das variações observadas na transeção 1, uma vez que nesta o grau de detalhamento das observações e a profundidade atingida na amostragem foi maior que na transeção 2, sendo as informações obtidas na primeira consideradas suficientes para expressar a diferenciação nos solos da catena e os fatores e processos pedogenéticos aí envolvidos. Os demais dados analíticos e observações morfológicas foram empregados nas análises de autocorrelação e na descrição da organização das camadas e horizontes de solo. Em todos os perfis representativos (1, 5, 9, 13, 17, 19, 20, 23 e 25), exceto o perfil 20, amostrado por meio de tradagens, a descrição e coleta de amostras foram feitas em trincheiras.

4.2.1. Aspectos físicos e morfológicos

O quadro 1 mostra a variação em profundidade dos aspectos físicos e morfológicos do perfil 1, situado na posição mais elevada e aplainada da vertente (topo). Os dados granulométricos revelam um aumento progressivo no teor de argila nos horizontes Bt e Bw em relação ao A, sem contudo resultar em um

Quadro 1. Dados físicos e morfológicos do perfil 1

Hori- zontes	Profun- didade	Granulometria						Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila	Umidade	Ds			
		Grossa	Fina							
		-----%								
Ap	0-9	35	12	13	40	22.52	1.08	2.5YR 3/4	gran.,peq. mod/forte	
AB	-20	30	14	11	45	20.43	1.28	2.5YR 4/4	gran.,médio, mod/forte	
Bt11	-44	19	13	14	54	20.49	1.30	2.5YR 4/6	bl.,méd., mod/forte	Cerosidade comum, mod.
Bt12	-62	16	12	13	59	22.80	1.36	2.5YR 4/6	bl., médio, fraco/mod.	Cerosidade comum, mod.
Bw11	-92	15	13	05	67	25.29	1.24	2.5YR 4/6	bl., médio, fraco/mod.	
Bw12	-150	14	12	17	57	24.24	1.11	2.5YR 4/6	gran., muito peq., forte	
Camada 1	-250	17	13	15	55	--	--	2.5YR 4/6	semelhante ao B22w	
Camada 2	-450	16	12	15	57	--	--	2.5YR 4/6		
Camada 3	-550	16	10	30	44	--	--	2.5YR 5/8		Casc., mt.(13.5%)
Camada 4	-680	16	09	40	35	--	--	2.5YR 5/8		
Camada 5	-850	08	15	54	23	--	--	5YR 5/8		
Camada 6	-900	07	16	50	27	--	--	5YR 5/8		Frag. de rocha

(1) gran: granular; peq: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mt.: milimétricos; cent.: centimétricos.

gradiente textural maior que 1.5 que caracterizaria um horizonte B textural, aqui designado como tal em função da quantidade e do grau de desenvolvimento da cerosidade (CAMARGO et alii, 1987). Esse teor diminui progressivamente nas camadas mais profundas, acompanhado pelo aumento dos teores de silte, enquanto que os teores de areia fina tendem a permanecer constantes até a camada 4, subindo ligeiramente nas camadas subjacentes onde o teor de areia grossa diminui após ter permanecido praticamente constante nas camadas sobrejacentes e horizontes B, sendo os maiores valores dessa fração encontrados em A, provavelmente como resultado da remoção das partículas de argila comumente observada nesse horizonte. Estas tendências observadas até a camada 4 são consequentes da variação no grau de intemperismo físico e químico com a profundidade (BREWER, 1976). A presença de cascalhos desarestados de quartzo e pequenos nódulos ferruginosos polidos na camada 3 associada a variação modal na distribuição granulométrica nesta profundidade, sugerem a ocorrência de uma descontinuidade litológica nessa posição do perfil. A variação na cor também aí verificada seria resultado dessa não uniformidade.

Os maiores valores da densidade do solo são encontrados no horizonte Bt em consequência do tipo de estrutura. Os teores de umidade nesse horizonte são inferiores aos observados no Bw, provavelmente resultantes da correlação entre teor de argila e umidade do solo. A relação entre densidade do solo e tipo de estrutura é referida por MONIZ E BUOL (1982).

De modo geral, as mesmas tendências acima descritas são verificadas nos perfis 5, 9, 13 e 17 (quadros 2, 3, 4, 5), todos situados no ombro da vertente. A mesma camada que sugere uma descontinuidade litológica a 5,5m de profundidade no perfil 1, ocorre no 13 a 5,0 e no 17 a 1,5m. Se observarmos a figura 7, notamos que esse aparente soerguimento dessa camada é, na verdade, resultado do remodelamento da paisagem provocado pela fase de entalhe que vem ocorrendo desde o Holoceno pré-atual (PENTEADO, 1969). As cores do material sotoposto são caracterizadas por apresentarem uma matiz mais amarela que 2,5 YR acompanhadas por valor de Munsell igual ou superior a 5. No perfil 17, como também nos perfis 20 e 21 situados na meia encosta, onde pode-se observar horizontes BC, C e camadas de alteração do gnaiss, foram observadas cores com matiz igual ou superior a 2,5 YR também sempre acompanhadas por valor igual ou superior a 5.

Quadro 2. Dados físicos e morfológicos do perfil 5

Horizonte	Profundidade	Granulometria				Unidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	Z							
Ap	0-6	32	15	16	37	26.56	1.24	2.5YR 3/4	gran.,peq., mod/forte	
AB	-17	26	14	14	46	22.58	1.25	2.5YR 4/4	gran., médio, mod/forte	
Bt11	-87	13	09	16	62	31.59	1.26	2.5YR 4/6	bl., médio, mod.	Cerosidade, comum, mod.
Bt12	-130	12	09	18	61	25.90	1.32	2.5YR 4/6	bl., médio, fraco	
Bw	-150	12	10	20	58	29.00	1.13	2.5YR 4/6	gran., muito,	

(1) gran: granular; peq: pequeno; bl: blocos; mod: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm: milimétricos; cent.: centimétricos.

Quadro 3. Dados físicos e morfológicos do perfil 9

Horizonte	Profundidade	Granulometria				Unidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	Z							
Ap	0-10	37	10	15	38	23.89	1.12	2.5YR 3/4	gran., médio, mod/forte	
AB	-18	29	12	16	43	28.12	1.38	2.5YR 3/4	gran., grande, mod/forte	Cerosidade, pouco, fraco
Bt11	-48	11	08	15	66	31.59	1.26	2.5YR 3/6	bl., médio, mod.	Cerosidade, comum, fraco
Bt12	-63	16	08	16	60	31.89	1.22	2.5YR 3/6	bl., médio, mod.	Cerosidade, comum, fraco
Bw11	-130	13	09	17	61	28.87	1.10	2.5YR 3/6	bl., médio, fraco	
Bw12	-160	13	09	16	62	27.89	1.06	2.5YR 3/6	gran., muito peq.,	

(1) gran: granular; peq: pequeno; bl: blocos; mod: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm: milimétricos; cent.: centimétricos.

Quadro 4. Dados físicos e morfológicos do perfil 13

Hori- zontes	Profun- didade	Granulometria						Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila	Unidade	Ds			
		Grossa	Fina							
		(cm)	%							
Ap	0-16	21	13	16	50	24.42	1.47	2.5YR 3/4	gran. e bl., médio, fraco/mod.	
Bt11	-48	16	09	13	62	30.56	1.30	2.5YR 3/6	bl., grande, mod.	Cerosidade, comum, mod.
Bt12	-80	17	08	12	63	33.21	1.26	2.5YR 3/6	bl., grande, mod.	Cerosidade, comum, mod.
Bt13	-101	16	08	15	61	32.83	1.16	2.5YR 3/6	bl. grande, fra- co/mod.	Cerosidade, comum, fraco
Bw	-155	16	09	16	59	30.73	1.10	2.5YR 3/6	gran., muito peq., forte	
Canada 1	-235	18	09	12	61	—	—	2.5YR 3/6		Semelhante do B2w
Canada 2	-275	16	08	17	59	—	—	2.5YR 3/6		Mosq. 10YR 8/3
Canada 3	-335	16	09	19	56	—	—	2.5YR 4/6		Mosq. 10YR 8/3
Canada 4	-370	13	11	21	55	—	—	2.5YR 4/6		Mosq. 10YR 8/3 e 6/8; Casc. cent. (30%)
Canada 5	-500	12	07	31	50	—	—	2.5YR 3/6		Casc. mt., pouco
Canada 6	-550	09	07	45	39	—	—	5YR 5/6		Material resultante da alteração 'in situ'.
Canada 7	-585	28	14	37	21	—	—	10YR 7/6		Material resultante da alteração 'in situ'.
Canada 8	-610	32	20	34	14	—	—	10YR 7/4		Material resultante da alteração 'in situ'.
Canada 9	-800	15	15	46	24	—	—	10YR 6/6		Material resultante da alteração 'in situ'.

(1) gran.: granular; peq.: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mt.: milimétricos; cent.: centimétricos.

Quadro 5. Dados físicos e morfológicos do perfil 17

Horizontes	Profundidade	Granulometria				Umidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	%							
Ap	0-20	29	17	18	36	25.76	1.47	5YR 3/3	bl., médio, mod.	
AB	-33	32	16	15	37	22.69	1.42	5YR 3/3	bl., grande, mod.	
Bt1	66	14	11	16	59	27.28	1.40	2.5YR 4/6	bl., grande, mod.	Cerosidade comum, mod.
Btc2	-150	10	08	22	60	32.46	1.21	2.5YR 4/6		Casc., abund., (50%); matação
2C	-180	11	08	34	47	—	—	5YR 5/8		Mosq. 2.5YR 4/4
Camada 1	-240	19	11	42	28	—	—	10YR 7/8		Grande quantidade de mica
Camada 2	-530	21	22	38	19	—	—	10YR 7/6		Material resultante de alteração 'in situ'.

(1) gran: granular; peq: pequeno; bl.: biocoso; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm.: milimétricos; cent.: centimétricos.

No perfil 19 (quadro 6), submetido à flutuação do lençol freático suspenso, as mesmas tendências granulométricas são verificadas. Também não é observado um gradiente textural significativo na posição de flutuação do nível freático (135 cm), o qual poderia sugerir a ocorrência do processo de ferrólise (BRINKMAN, 1970), apesar de as cores observadas nessa posição indicarem que o ferro está sendo remobilizado (SHWERTMANN, 1985).

Quadro 6. Dados físicos e morfológicos do perfil 19

Horizonte	Profundidade	Granulometria						Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila	Umidade	Ds			
		Grossa	Fina							
(cm)										
Ap	0-22	37	13	17	33	25.06	1.29	10YR 3/2	bl., grande, mod.	
AB	-43	28	12	19	41	23.94	1.41	5YR 4/4	bl., grande, fraco/mod.	
Bt	-77	33	08	18	51	26.39	1.43	5YR 4/4	bl., médio, forte	Cerosidade comum, moderada; mosq. 2.5YR 5/6
Btg	-135	21	08	14	57	34.36	1.33	5YR 4/1	bl., grande, mod.	Mosq. 2.5YR 5/6; nível freático a 135 cm

(1) gran: granular; peq: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm.: milimétricos; cent.: centimétricos.

Os quadros 7 e 8 (perfis 20 e 21, respectivamente) mostram a presença de grande quantidade de concreções ferruginosas e seixos de quartzo até cerca de 40 cm de profundidade. O fato desses perfis estarem situados na posição de meia encosta, caracterizada por ser um segmento tipicamente erosional (HALL, 1983), sugere que estes horizontes foram expostos após remoção superficial do material sobrejacente pelo processo erosivo. A origem dos nódulos ferruginosos foi referida no item 4.1, sendo que o processo de endurecimento do material plíntico deve ser consequente do afloramento desses horizontes. Os mosqueados presentes no material subjacente indicam a presença de material do saprólito do gnaissse ainda em estádios iniciais de alteração.

Quadro 7. Dados físicos e morfológicos do perfil 20

Hori- zontes	Profun- didade	Granulometria						Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila	Unidade	Ds			
		Grossa	Fina							
		(cm)	Z							
Apc1	0-10	24	10	25	41	—	—	7.5YR 3/2		Conc. ferruginosas e seixos de quartzo, comum (27%)
Apc2	-33	24	10	24	42	—	—	7.5YR 3/2		Conc. ferruginosas e seixos de quartzo, abundantes (67%)
2BC1	-56	17	07	30	46	—	—	10YR 5/8		Mosq. 2.5YR 5/6
2BC2	-70	14	05	32	49	—	—	10YR 6/6		Mosq. 2.5YR 5/6
2C	-135	17	10	44	29	—	—	2.5YR 8/4		Mosq. 2.5YR 5/6

(1) gran.: granular; peq.: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm.: milimétricos; cent.: centimétricos.

Quadro 8. Dados físicos e morfológicos do perfil 21

Hori- zonte	Profun- didade	Granulometria				Unidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	Z							
Apc	0-7	40	14	17	29	27.92	1.24	7.5YR 3/2		Conc. ferruginosas e seixos de quartzo, comum (28%)
ABc	-25	38	20	17	25	—	—	7.5YR 4/2		Conc. ferruginosas e seixos de quartzo, abundantes (65%)
Btc1	-45	20	05	22	53	—	—	7.5YR 5/6 e 2.5YR 5/6		Conc. ferruginosas e seixos de quartzo, abundantes (79%)
2Bt2	-83	11	08	24	57	34.16	1.34	5YR 5/6 e 2.5YR 5/6	bl., peq. /médio, mod.	
2Bc	-135	18	08	36	38	29.83	1.40	5YR 8/2 e 2.5YR 5/6	bl., peq. /médio, fraco	

(1) gran.: granular; peq.: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mm.: milimétricos; cent.: centimétricos.

Os perfis 23 e 25 situados no sopé da vertente (quadros 9 e 10), mostram-se bastante semelhantes aos perfis 5, 9 e 13, localizados nas posições mais elevadas, notadamente o 25 que apresenta a associação Bt/Bw. Isto pelo menos no que diz respeito aos aspectos físicos e morfológicos. Por estarem situados em uma posição tipicamente deposicional e no perfil 23 aparecer a camada de cascalhos a 145 cm de profundidade que sugere uma descontinuidade litológica, tudo indica que como os perfis do topo e ombro, estes desenvolvem a partir de material retrabalhado.

Quadro 9. Dados físicos e morfológicos do perfil 23

Hori- zonte	Profun- didade	Granulometria				Unidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	%							
Ap	0-12	39	16	16	29	21.71	1.41	5YR 3/2	gran. , peq. , mod.	
AB	-30	26	11	16	47	21.03	1.50	5YR 4/6	bl. , peq. /médio, mod.	
Bt11	-96	17	08	15	60	29.81	1.27	5YR 4/6	bl. , médio /grande, mod.	
Bt12	-146	15	08	15	62	29.12	1.33	5YR 4/6	bl. , médio /grande, fraco /mod.	Casc. e conc. ferruginosas, abundantes de 140 a 180 cm. De 180 a 220 cm comuns.

(1) gran.: granular; peq.: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mt.: milimétricos; cent.: centimétricos.

Quadro 10. Dados físicos e morfológicos do perfil 25

Hori- zonte	Profun- didade	Granulometria				Unidade	Ds	Cor úmida	Estrutura ¹	Outras Observações ¹
		Areia		Silte	Argila					
		Grossa	Fina							
		(cm)	%							
Ap	0-17	38	20	13	29	18.28	1.45	5YR 3/2	bl. , médio, mod./forte	
AB	-37	39	16	14	31	18.30	1.57	5YR 3/3	bl. , peq. /médio, mod.	
Bt	-104	19	09	04	68	29.34	1.31	2.5YR 4/6	bl. , médio, mod.	Conc. ferruginosas, mt., muito pouco
Bw	-140	16	11	11	62	28.34	1.21	2.5YR 4/6	bl. , médio, fraco que se quebram em gran. muito peq.	Conc. ferruginosas, muito pouco
Canada 1	-240	20	10	11	59	--	--	2.5YR 4/8		Casc. e conc. ferru- ginosas, mt., poucos;
Canada 2	-400	24	09	13	54	--	--	2.5YR 4/6		muito semelhante ao Bt12 Muito semelhante ao Bt12. Nível freático a 400 cm, influência do reservatório situado a cerca de 35m des- se perfil

(1) gran.: granular; peq.: pequeno; bl.: blocos; mod.: moderado; Frag.: fragmentos; Mosq.: mosqueado; Conc.: concreções; Casc.: cascalhos (20-2mm); mt.: milimétricos; cent.: centimétricos.

4.2.2. Aspectos químicos

O pH não apresenta variação vertical expressiva em nenhum dos solos da catena, muito embora a organização dos horizontes e camadas de solo na vertente demonstre uma diferenciação, tanto vertical como lateral, significativa em função das modificações no grau e natureza dos fatores e processos pedogenéticos atuantes. O carbono orgânico tende, como esperado, a diminuir progressivamente em profundidade e apresentar teores marcadamente superiores no horizonte superficial. Isto ocorre em todos os perfis.

Os teores trocáveis de Ca, Mg e K tendem a decrescer com o aumento da profundidade nos perfis 1, 5 e 9 (quadros 11, 12 e 13), o que pode estar relacionado ao processo de ciclagem de minerais associado ao tipo de cobertura vegetal, já que os perfis 13 e 17 (quadros 14 e 15) não apresentam a mesma tendência. Apesar de pertencerem ao mesmo segmento da vertente e possuírem o mesmo material de partida, a vegetação presente não é a mesma. Nesses últimos perfis, os teores de Mg^{++} e mais notadamente os de Ca^{++} , são superiores no horizonte Bt em relação ao Ap. O conteúdo de Mg^{++} tende a continuar aumentando em profundidade, já os maiores teores de Ca^{++} se restringem ao Bt, o que é difícil de ser explicado pois só acontece nesses perfis. O de K^+ decresce do horizonte A para os B, atingindo seus valores mais elevados nas camadas mais profundas do perfil 13, bem como no horizonte 2C e na camada 1 do perfil 17. Essa diferenciação do conteúdo de K^+ em profundidade, próxima

de materiais nos estádios iniciais das transformações mineralógicas, deve ser resultado da abundância de feldspatos potássios característica nos gnaisses.

Quadro 11. Dados químicos do perfil 1

Horizontes	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	C org.	Cátions trocáveis ¹						Ts ²		V	n	Feo ³			Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H	Ta	Fed	Fet									
				mg/100g																
Ap	0-9	4.9	3.1	1.8	1.1	0.34	0.4	6.8	10.4	0.78	31	11	0.08	7.42	7.6	1.3	0.01			
AB	-20	4.9	1.5	0.2	0.4	0.13	0.7	4.5	5.9	1.82	12	49	--	--	--	--	--			
Bt11	-44	5.0	1.0	0.1	0.2	0.03	0.7	3.2	4.2	0.50	8	68	--	--	--	--	--			
Bt12	-62	4.9	0.7	0.0	0.1	0.01	0.3	2.7	3.1	0.07	4	73	0.11	5.14	5.3	1.4	0.02			
Bw21	-92	5.1	0.5	0.1	0.1	0.01	0.2	2.5	2.9	0.99	7	49	--	--	--	--	--			
Bw22	-150	5.2	0.4	0.1	0.1	0.01	0	1.9	2.1	0.54	10	0	0.05	6.76	7.8	1.4	0.01			
Canada 1	-250	5.3	0.3	0	0	0.01	0	1.7	1.7	0.65	1	0	--	--	--	--	--			
Canada 2	-450	5.7	0.2	0	0	0.01	0	0.8	0.8	0.16	1	0	0.05	6.92	7.5	1.7	0.01			
Canada 3	-550	5.6	0.1	0	0.2	0.01	0	1.3	1.5	2.44	14	0	--	--	--	--	--			
Canada 4	-680	5.6	0.1	0	0.1	0.03	0.3	1.4	1.8	3.94	7	70	0.35	7.47	7.9	1.5	0.05			
Canada 5	-850	5.6	0.1	0	0	0.03	0.3	1.8	2.0	6.87	1	87	--	--	--	--	--			
Canada 6	-900	5.4	0.1	0	0	0.01	0.2	1.9	2.1	6.15	11	95	0.52	8.42	9.1	1.4	0.06			

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 12. Dados químicos do perfil 5

Hori- zontes	Profun- didade	pH H O	C org.	Cátions trocáveis ¹					Ts ²	Ta	V	n	Feo ³	Fed	Fet	Kt	Feo/Fed	
				Ca	Mg	K	Al	H										
				neg/100g														
	(cm)		%															
Ap	0-6	5.9	2.5	3.7	2.2	2.9	0.1	4.0	12.90	4.46	68	1	0.54	7.50	9.0	1.3	0.07	
AB	-17	5.4	1.4	1.2	1.2	1.3	0.1	3.7	7.50	2.61	49	3	--	--	--	--	--	
Bt11	-87	5.3	0.7	0.2	0.4	0.07	0.1	2.5	3.27	0.19	20	13	--	--	--	--	--	
Bt12	-130	5.2	0.5	0.1	0.4	0.03	0.1	2.2	2.83	0.95	19	16	0.19	8.73	9.1	1.5	0.02	
Bw	-150	5.3	0.5	0.1	0.3	0.01	0.1	2.1	2.61	0.62	16	20	0.05	8.03	8.0	1.6	0.01	

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 13. Dados químicos do perfil 9

Hori- zontes	Profun- didade	pH H 0	C org.	Cátions trocáveis ¹					Ts ²	Ta	V	n	Feo ³				Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H												
				neg/100g									%							
	(cm)		%																	
Ap	0-10	6.1	2.8	4.8	2.2	0.46	0	3.5	10.96	4.32	68	0	0.07	7.45	8.5	1.7	0.01			
AB	-18	5.7	1.9	2.0	1.4	0.37	0.1	3.5	7.37	2.74	51	3	—	—	—	—	—			
Bt11	-48	5.3	1.0	0.3	0.5	0.15	0.2	3.1	3.30	1.82	29	17	—	—	—	—	—			
Bt12	-63	5.3	0.8	0.4	0.4	0.03	0.2	2.4	3.43	0.28	24	19	0.29	9.90	10.5	1.5	0.03			
Bw11	-130	5.5	0.6	0.7	0.7	0.01	0	1.7	3.11	0.67	45	0	—	—	—	—	—			
Bw12	-160	5.4	0.5	0.1	0.6	0.03	0.1	1.9	2.73	0.77	27	12	0.12	8.52	10.4	1.7	0.01			

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

No perfil 19 (quadro 16), o conteúdo de Ca^{++} e Mg^{++} diminui em profundidade, já o de K^+ é maior no horizonte submetido às flutuações do lençol freático suspenso, o que confirma a menor mobilidade do K^+ . O teor de K^+ nos perfis 20 e 21 diminui mesmo nos horizontes pouco alterados (2BC e 2C), talvez indicando o alto grau de preservação desse material, onde o K estaria ainda presente na grade cristalina dos minerais primários. O contraste observado em relação as camadas e horizontes mais profundos dos perfis 13 e 17 pode ser atribuído a diferentes estádios de alteração entre esses materiais, o mesmo talvez explique o maior teor de potássio trocável na camada 1 em relação à 2 no perfil 17.

A variação no teor de H trocável apresenta a mesma tendência de decréscimo em profundidade observada para o conteúdo de carbono orgânico, sugerindo a dissociação de grupos funcionais ácidos da fração orgânica como responsável por essa variação (BUOL et alii, 1980). Porém, isto não é verificado nas camadas mais profundas e menos alteradas dos perfis 1 e 13, onde tanto o teor de H como o de Al trocáveis apresentam um incremento. Por outro lado, isto é observado nos horizontes 2BC dos perfis 20 e 21. (quadros 17 e 18) No 19, mesmo no horizonte Btg o Al^{+++} inexistente, o que não seria esperado se o processo de ferrólise fosse aí atuante (ESPILAU e PEDRO, 1983).

Quadro 14. Dados químicos do perfil 13

Horizonte	Profundidade	PH H ⁺	C org.	Cátions trocáveis ¹					Ts ²		V	m	Feo ³		Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H										
				(cm)	%	mg/100g							%					
Ap	0-16	5.1	1.1	1.4	0.3	0.16	0.4	3.5	5.76	1.62	32	18	0.17	9.05	9.6	2.1	0.02	
Bt11	-48	5.6	0.7	2.0	0.4	0.08	0	1.8	4.28	1.82	58	0	--	--	--	--	--	
Bt12	-80	5.7	0.6	2.0	0.4	0.05	0	1.5	3.95	1.98	62	0	0.12	8.18	9.4	2.1	0.01	
Bt13	-101	5.9	0.5	2.1	0.4	0.07	0	1.3	3.87	2.66	66	0	--	--	--	--	--	
Bw	-155	5.3	0.4	1.9	0.4	0.05	0	1.0	3.35	2.63	70	0	0.09	8.21	9.5	1.9	0.01	
Camada 1	-235	5.9	0.4	1.3	0.9	0.04	0	0.8	3.04	2.03	74	0	--	--	--	--	--	
Camada 2	-275	5.9	0.2	1.7	1.7	0.07	0	0.6	4.07	5.37	85	0	0.09	4.14	5.0	1.7	0.02	
Camada 3	-335	6.1	0.2	1.5	1.5	0.13	0	0.6	3.73	5.05	84	0	--	--	--	--	--	
Camada 4	-370	6.0	0.2	1.4	1.3	0.32	0	0.3	3.32	4.40	91	0	0.14	8.05	10.0	1.6	0.02	
Camada 5	-500	5.6	0.1	0.6	1.6	0.39	0.2	1.4	4.19	7.48	62	7	--	--	--	--	--	
Camada 6	-550	5.6	0.1	0.7	2.7	0.35	0.2	2.0	5.95	14.10	63	5	0.07	7.23	8.6	1.8	0.01	
Camada 7	-585	5.2	0.1	0.4	1.7	0.24	0.2	0.9	3.44	14.24	68	8	--	--	--	--	--	
Camada 8	-610	5.3	0.1	0.4	1.3	0.20	0.1	0.6	3.50	21.79	54	5	0.22	2.12	2.3	3.2	0.10	
Camada 9	-800	5.1	0.1	1.0	2.2	0.47	0.1	1.3	5.07	19.25	72	3	--	--	--	--	--	

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 15. Dados químicos do perfil 17

Hori- zontes	Profun- didade	pH H ₂ O	C org.	Cátions trocáveis ¹						Ts ²	Ta	V	m	Feo ³	Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H										
				neg/100g										%				
Ap	0-20	4.9	2.0	1.5	0.3	0.20	0.7	4.2	6.9	5.83	29	26	0.33	7.79	9.0	3.0	0.04	
AB	-33	5.0	1.9	1.4	0.2	0.10	0.8	4.0	6.50	5.54	26	32	--	--	--	--	--	
Bt1	-66	5.6	0.9	2.5	0.6	0.04	0.1	1.5	4.74	1.17	66	3	0.13	7.53	9.3	2.2	0.02	
Btc2	-150	5.8	0.6	2.3	0.6	0.04	0	1.0	3.94	2.07	74	0	0.09	8.39	9.6	1.9	0.01	
2C	-180	5.8	0.3	1.8	1.3	0.28	0.1	0.4	3.88	5.38	87	3	0.10	7.63	10.1	1.7	0.01	
Canada 1	-240	5.6	0.1	1.3	1.1	0.50	0.1	0.7	3.70	11.61	78	3	--	--	--	--	--	
Canada 2	-530	5.3	0.1	1.7	2.5	0.22	0.3	0.7	5.42	26.16	81	6	0.28	2.80	5.0	2.9	0.10	

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 16. Dados químicos do perfil 19

Hori- zontes	Profun- didade	pH H 0	C org.	Cátions trocáveis ¹								V	m	Feo ³	Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H	Ts ²	Ta								
				neg/100g							%							
Ap	0-22	5.6	1.9	4.9	0.8	0.07	0	3.8	9.57	3.09	60	0	0.27	5.24	6.0	3.2	0.05	
AB	-43	5.5	1.1	3.3	0.6	0.06	0	2.5	6.46	3.68	61	0	0.18	4.30	5.9	3.5	0.04	
Bt	-77	5.7	0.7	3.5	0.7	0.04	0	1.8	6.04	5.67	70	0	0.28	4.48	5.5	2.7	0.06	
Btg	-135	5.8	0.3	2.8	0.9	0.11	0	1.1	4.91	6.25	78	0	0.06	1.96	4.4	2.4	0.03	

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Nos perfis 23 e 25 (quadros 19 e 20), as quantidades de Ca e Mg trocáveis apresentam uma ligeira tendência de diminuição, embora irregular. O conteúdo de K^+ mostra a mesma variação observada nos perfis 13 e 17, ou seja, sofre um aumento na camada mais profunda. Porém nesse caso, a proximidade do material de partida não pode ser utilizada como explicação, uma vez que ambos os perfis desenvolvem-se a partir de material retrabalhado.

Os valores de CTC do solo e CTC da argila (T_s e T_a , respectivamente), são maiores tanto nas camadas e horizontes mais profundos próximos ao material de partida pouco alterado, como também nas superfícies. O valor T_s é sempre significativamente superior nos horizontes Ap em consequência dos maiores teores de matéria orgânica aí verificados. Os valores calculados da CTC da argila parecem ser grandemente afetados pela relação entre C orgânico e teor de argila, principalmente nos horizontes mais superficiais, não refletindo assim o estágio de alteração dos argilominerais presentes. Já nas camadas e horizontes mais próximos do material de origem subjacente, o valor T_a parece ser mais significativo para esse tipo de inferência.

A variação vertical da porcentagem de saturação por alumínio (m) é bastante irregular, sendo mais significativamente afetada pela relação entre o Al^{+++} e H^+ do que pela soma das bases trocáveis. De modo geral, o valor m tende a ser maior nos horizontes superficiais, exceto nos perfis 5 e 9 e no material sotoposto pela camada com cascalhos no perfil 1,

onde ela salta de zero para 70%. A porcentagem de saturação por bases (valor V), apresenta uma tendência contrária à do valor m, o que é de se esperar pois são inversamente relacionadas.

Quadro 17. Dados químicos do perfil 20

Horizontes	Profundidade	pH H ₂ O	C org.	Cátions trocáveis ¹						Ts ²	Ta	V	m	Feo ³	Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H										
				neg/100g														
(cm)		%								%								
Apc1	0-10	5.6	3.4	5.1	2.1	0.39	0.1	5.3	12.99	5.63	58	1	1.36	8.92	9.8	3.1	0.15	
Apc2	-33	5.5	2.3	4.0	1.1	0.17	0.1	5.2	10.57	0.52	50	2	--	--	--	--	--	
2BC1	-56	5.4	0.9	2.2	0.9	0.06	0.1	2.1	5.36	2.85	59	3	0.37	8.60	8.7	2.9	0.04	
2BC2	-70	5.4	0.6	2.1	1.2	0.06	0	1.4	2.66	0.08	47	0	0.24	7.50	7.6	2.5	0.03	
2C	-155	5.4	0.1	1.7	2.2	0.08	0.1	0.7	4.78	14.93	83	2	0.14	5.85	6.3	2.6	0.02	

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 18. Dados químicos do perfil 21

Horizontes	Profundidade	pH H ₂ O	C org.	Cátions trocáveis ¹					Ts ²	Ta	V	m	Feo ³	Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H									
				neg/100g													
(cm)		Z	Z														
Apc	0-7	5.7	2.9	4.1	1.3	0.22	0.1	4.5	10.22	9.76	55	2	1.32	5.61	5.8	2.9	0.23
ABc	-25	5.5	1.7	2.6	0.5	0.11	0.1	3.7	7.01	2.56	46	3	--	--	--	--	--
Btc1	-45	5.7	1.0	2.3	0.4	0.07	0.1	1.9	4.77	0.51	58	3	0.16	5.87	6.0	2.2	0.03
2BT2	-83	5.5	0.9	2.6	0.8	0.07	0	1.8	5.27	2.14	66	0	0.35	4.64	6.0	1.9	0.07
2BC	-135	5.8	0.2	2.2	1.0	0.08	0	0.7	3.98	8.11	82	0	1.14	4.69	5.8	2.1	0.24

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 19. Dados químicos do perfil 23

Horizontes	Profundidade	pH H 2 O	C org.	Cátions trocáveis ¹						²		V	m	³			Fed	Fet	Kt	Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H	Ts	Ta	Feo			Fed	Fet					
				mg/100g						%										
				(cm)	%															
Ap	0-12	5.5	2.4	3.0	0.8	0.16	0.1	4.4	8.46	8.07	47	2	0.39	6.21	5.6	2.8	0.06			
AB	-30	5.4	1.2	2.6	0.7	0.08	0.1	2.8	6.28	1.87	54	3	--	--	--	--	--			
Bt11	-96	5.8	0.7	2.3	1.1	0.07	0	1.8	5.27	3.53	66	0	0.15	6.45	6.5	2.2	0.02			
Btc12	-146	5.9	0.5	1.9	0.9	0.33	0	1.2	4.33	3.35	72	0	0.16	6.13	6.7	2.1	0.02			

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

Quadro 20. Dados químicos do perfil 25

Horizontes	Profundidade	pH H ₂ O	C org.	Cátions trocáveis ¹						²		V	m	³			Feo/Fed
				Ca	Mg	K	Al	H	Ts	Ta	Feo			Fed	Fet	Kt	
				mg/100g						%							
	(cm)		%														
Ap	0-17	5.5	2.1	2.8	0.8	0.28	0.1	4.7	8.68	2.66	45	2	0.54	6.74	6.5	2.1	0.08
AB	-37	5.3	1.2	1.8	0.3	0.11	0.2	3.4	5.81	1.32	38	8	--	--	--	--	--
Bt	-104	5.6	0.7	2.9	0.3	0.06	0	2.1	5.36	3.25	61	0	0.14	6.97	6.3	1.9	0.02
Bw	-140	5.9	0.4	2.5	0.3	0.11	0	1.2	4.11	3.73	71	0	0.18	5.87	6.5	1.7	0.03
Canada 1	-240	5.7	0.4	2.6	0.5	0.14	0	1.0	4.24	4.14	76	0	--	--	--	--	--
Canada 2	-400	6.0	0.3	2.0	0.9	0.21	0	1.0	4.11	5.11	76	0	0.11	5.64	6.2	1.8	0.02

(1) O sódio não foi determinado

(2) Ts: CTC do solo; Ta: CTC de 100g de argila.

(3) Feo: Fe₂O₃ extraído com oxalato; Fed: Fe₂O₃ extraído com ditionito; Fet: Fe₂O₃ total; Kt: Potássio total.

O ferro solúvel em oxalato ácido de amônio (Feo) é geralmente maior nos horizontes superficiais. Isto está relacionado a complexação do ferro pelos compostos orgânicos que assim inibem a cristalização dos óxidos de ferro (SCHWERTMANN, 1983). LANDA e GAST (1973), demonstram que esse método extrai somente a fração não cristalina das formas de ferro. SCHWERTMANN et alii (1982), citam que todo o ferro solúvel em oxalado é proveniente da ferridrita (KAMPF e DICK, 1984). Os maiores teores de Feo observados nas camadas mais profundas dos perfis 1 e 13 podem indicar o baixo teor de cristalinidade dos óxidos de ferro, já que os horizontes e camadas sobrejacentes apresentam teores muito baixos desse tipo de forma. Os horizontes 2BC e 2C dos perfis 20 e 21, apesar do baixo grau de alteração desse material, apresentam teores inferiores de Feo aos do horizonte superficial. Neste caso como resultado do efeito complexante da matéria orgânica.

A extração com diotionito-citrato-bicabornato de sódio (Fed) solubiliza as formas amorfas e cristalinas de ferro, que incluem goethita, hematita e lepidocrocita. O conteúdo de ferro livre (Fed) tende a diminuir em profundidade em consequências do menor grau de alteração dos materiais aí localizadas. Isto é bem evidente nos perfis situados na meia encosta e no sopé da vertente. No perfil 19 o teor de ferro livre no horizonte Btg é nitidamente inferior aos dos demais horizontes, indicando assim que o ambiente redutor resultante das condições hidromórficas dificulta a cristalização dos óxidos de ferro. Isto também foi verificado por SCHWERTMANN (1983) e

SCHWERTMANN e KAMPF (1983). Nos perfis 5 e 9, o teor de ferro livre sofre um ligeiro incremento nos horizontes B em relação ao A, o que deve ser resultado do alto grau de alteração desse material associado à ação complexante dos compostos orgânicos. Como isto não é observado no perfil 13, muito semelhante aos perfis 5 e 9 situados no mesmo segmento da vertente, diferindo apenas no tipo de cobertura vegetal. Provavelmente a quantidade de matéria orgânica presente no horizonte superficial deve condicionar essa diferenciação. Essa idéia é corroborado pelo menor teor de C orgânico no horizonte A do perfil 13. ROTTA et alii (1976), estudando solos também desenvolvidos de rochas ácidas, observaram a mesma tendência aqui notada para os perfis 5 e 9. Porém, essa mesma propensão foi por eles referida entre os horizontes A e B/C de um litossolo substrato granito. O que difere do aqui verificado entre o 2BC e 2C do perfil 20.

A relação de causa-efeito existente entre a natureza e quantidade dos produtos ferruginosos e a cor dos solos não pode ser avaliada através do conteúdo de ferro livre (VOLKOFF, 1983). Por outro lado, esta pode ser verificada diretamente através da correlação com as matizes Munsell ou com o índice de Vermelho (IV) de Torrent, (KAMPF e SCHWERTMANN, 1983).

O ferro total (Fet) inclui o Fe_2O_3 presente na grade cristalina de outros minerais que não é solubilizado com DCB (Fed). O teor dessa forma de ferro praticamente permanece constante ou sofre um ligeiro aumento nos horizonte que se desenvolvem em material retrabalhado. Em contrapartida, o con-

teúdo de ferro total nas camadas e horizontes que se formam diretamente da litologia subjacente tende a ser menor nos materiais mais profundos, exceção feita à camada 6 do perfil 1. Isto pode ser explicado por cálculo e comparação da relação Fed/Fet desses horizontes e camadas. Notar-se-á, então, que esta geralmente diminui quanto menor o grau de alteração desses materiais, ou seja, nas camadas e horizontes mais profundos, o que segundo, KAMPF e DICK (1984), indica a presença de ferro em silicatos primários. Essa relação não pode ser utilizada para se comparar o grau de alteração de horizontes que se desenvolvem em materiais de partida diferentes.

A relação Feo/Fed é utilizado como medida de cristalinidade dos óxidos de ferro; assim, quanto menor for esse quociente, maior será a presença de formas cristalinas. Em todos os perfis da sequência, os valores de Feo/Fed tendem a ser maiores nos horizontes superficiais quando comparados aos horizontes intermediários onde permanecem praticamente constantes, voltando a aumentar nos horizontes e camadas menos alteradas. Os maiores valores observados nos horizontes superficiais em relação aos subjacentes, devem-se a ação dos compostos orgânicos que pode retardar a cristalização dos óxidos de ferro. KAMPF e DICK (1984), verificaram uma correlação linear significativa e positiva entre Feo/Fed e C orgânico. Nas camadas e horizontes mais profundos os maiores valores desse quociente em relação aos sobrejacentes indicam o menor grau de alteração desses materiais e, conseqüentemente, a menor cristalinidade dos óxidos de ferro aí presentes.

No perfil 19 o menor valor de F_{eo}/F_{et} é observado no horizonte Btg, porém nesse caso se se calcular a relação F_{ed}/F_{et} verificar-se-á que o menor valor desse quociente ocorre nesse horizonte (0.43), indicando, assim, que a maior parte do ferro ainda se encontra na grade cristalina de outros minerais, ou seja, o grau de alteração aí é baixo e menor que nos horizontes sobrejacentes, onde F_{ed}/F_{et} gira em torno de 0,75. Muito embora a relação F_{eo}/F_{ed} indique a maior cristalinidade dos óxidos de ferro nesse horizonte, esta variação deve ser atribuída ao efeito dos compostos orgânicos, já que o teor de C orgânico nos horizontes situados acima deste é significamente superior e não ao grau de alteração desse material.

4.2.3. Aspectos mineralógicos

Na apresentação dos dados mineralógicos foram selecionados os difratogramas dos perfis 1, 13, 17, 19, 20 e 25, obtidos a partir de amostras deferrificadas, saturadas com potássio e secas ao ar, a fim de demonstrar a variabilidade vertical na natureza dos minerais de argila, uma vez que não foram observados picos referentes a espaçamento interplanar da ordem de 14 Å. Os difratogramas referentes aos tratamentos K 250 °C, K 550 °C e Mg etilenoglicol, os quais seriam utilizados para diferenciação dos argilominerais que apresentam essa mes-

ma distância interplanar quando saturados com potássio (montmorilonita, vermiculita e clorita), só serão aqui apresentados de forma ilustrativa (figuras de 17 a 22).

A figura 10 mostra os difratogramas dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 1, onde se pode verificar a ocorrência de caulinita (3,5 e 7,2 Å) e gibbsita (4,3 e 4,8 Å). Nota-se que quantidade de gibbsita diminui em profundidade, o que é demonstrado pela diminuição na intensidade dos picos dela característicos. No perfil 13 (figura 11), o mesmo é observado até a camada 4, a qual sugere uma descontinuidade litológica como descrito anteriormente. A partir daí, ou seja, nas camadas 6 e 8, a quantidade de gibbsita é muito baixa e pode-se verificar a ocorrência do pico referente a uma distância interplanar de 10 Å na camada 8, indicando a presença de ilita. Na camada 6, além do pico de 10Å ocorre um pico de 9,5 Å, o qual só é observado nesse perfil. Talvez este possa ser resultante de um pico de 3a. ordem de um argilomineral interstratificado (mica + clorita).

No perfil 17 (figura 12), observa-se a presença do pico de 10Å típico da ilita e de um pico de 3,3Å também relacionado à mica. Isto mesmo no horizonte Ap, embora sejam bem mais evidente na camada 2. A mesma tendência quanto a variação na quantidade de gibbsita é aqui verificada.

A figura 13 referente ao perfil 19, mostra a presença de ilita acompanhada de caulinita e gibbsita mal cristalizada. Porém, a quantidade de ilita inferida pela modificação na largura dos picos de 10 e 3,3 Å diminui em profundidade,

zada. Porém, a quantidade de illita inferida pela modificação na largura dos picos de 10 e 3,3 Å diminui em profundidade, acompanhada por uma tendência do surgimento de condições hidromórficas resultantes da flutuação do lençol freático suspenso. Isto é bem evidente no horizonte Btg.

No perfil 20 (figura 14), o mesmo é observado tanto quanto a natureza como em relação a quantidade dos argilomineerais presentes. Só que nesse caso, a diminuição da quantidade de illita e gibbsita é atribuída ao baixo grau de alteração do material e não à ação inibidora da cristalização das condições hidromórficas. Já no perfil 25 (figura 15), que se desenvolve a partir de material retrabalhado, a presença de illita não é observada em associação à caulinita e gibbsita. Nota-se que a quantidade de gibbsita é maior nos horizontes Bt e Bw que no Ap e na camada 2, o que deve ser resultado do maior teor de matéria orgânica no Ap e da profundidade associada à proximidade do nível freático na camada 2.

A sequência de alteração mica-caulinita-gibbsita observada por ESPINDOLA e GALHEGO (1976) é aqui também sugerida. CERRI (1976), estudando a alteração do granito verificou a mesma sequência, tanto como resultado da alteração dos feldspatos como da biotita. ALOISI et alii (1976), trabalhando com solos desenvolvidos sobre sedimentos do arenito Bauru e rochas eruptivas básicas, verificaram a sequência Mica-vermiculita-montmorilonita-caulinita-gibbsita ou ainda Mica-vermiculita-caulinita-gibbsita, para os solos desenvolvidos sobre arenito e Mica-caulinita-gibbsita para os formados a partir de rochas

A ocorrência de illita e não de montmorilonita ou vermiculita nos solos da sequência aqui estudada é devida a predominância de Micas nos gnaisses, os quais fornecem o potássio necessário para o equilíbrio iônico favorável à formação da illita, enquanto que para a formação de vermiculita e montmorilonita são requeridos maiores concentrações em solução de cálcio e magnésio, respectivamente (BESOAIN, 1985; BIRKELAND, 1984).

Quanto aos óxidos de ferro, não foram observadas variações verticais significativas e portanto os difratogramas obtidos após a concentração desses componentes (figura 16), serão interpretados no próximo item que trata da variabilidade lateral entre os solos da catena.

4.3. Variabilidade lateral

4.3.1. Aspectos físicos e morfológicos

De modo geral, a granulometria observada nos solos situados na posição de topo e ombro da vertente é bastante homogênea; apenas os teores de argila dos horizontes Bt e Btg do perfil 19 são ligeiramente inferiores ao dos Bt dos perfis localizados em posições topograficamente superiores. Nos solos presente na meia encosta o conteúdo de argila nos horizontes

presente na meia encosta o conteúdo de argila nos horizontes 2BC e 2C é um pouco menor do que os observados nos Bt e Bw dos solos do topo e ombro, bem como em relação aos do sopé, que são muito semelhantes em todos os aspectos aos do topo e ombro. Esse menor teor de argila observado nos solos da meia encosta é explicado pelo menor estágio de intemperização desses materiais.

A variação nas cores está mais diretamente relacionada à diferenciação no material de origem e à presença do lençol freático suspenso do que à posição ocupada na topografia. Assim, os solos que se desenvolvem em material retrabalhado tendem a ser mais vermelhos, enquanto os que se desenvolvem a partir da litologia subjacente são mais amarelos. A presença do lençol freático suspenso provoca o aparecimento de cores mais esbranquiçadas no material submetido a condições redutoras em consequência da modificação na natureza e quantidade dos óxidos de ferro (SCHWERTMANN, 1985).

A espessura do horizonte com estrutura em blocos de moderada a fortemente desenvolvida tende a aumentar no sentido das posições mais inferiores da vertente, acompanhada de um ligeiro aumento da densidade do solo, notadamente nos horizontes Bt situados no final do ombro da vertente. Isto está em acordo a idéia de MONIZ e BOUL (1982), sobre a influência do fluxo lateral de subsuperfície no desenvolvimento desse tipo de estrutura. As variações no teor de umidade ao longo da encosta parecem não ser muito significativas.

Considerações em relações à gênese, natureza e variação na profundidade da camada com cascalhos são feitas no item 4.1.

4.3.2. Aspectos químicos

As variações no teor de C orgânico são mais significativas verticalmente do que lateralmente ao longo da vertente. O pH também não apresenta modificações sugestivas nas diferentes posições topográficas.

Quanto à saturação por bases trocáveis, esta apresenta uma nítida tendência de incremento nos solos situados em posições inferiores, mesmo dentro de um mesmo segmento da vertente, como é o caso dos perfis 5, 9, 13, 17 e 19. Isto é bem evidente nos solos situados no sopé (perfis 23 e 25), que apresentam material de partida retrabalhado como os localizados no topo e ombro da vertente, o que é explicado pela translocação lateral de bases em subsuperfície (MONIZ et alii, 1982; HALL, 1983; BIRKELAND, 1984). A ocorrência de latossolos eutróficos (MOURA FILHO e BUOL, 1972), também pode ser interpretada dessa forma quando estes se situam em posições favoráveis ao influxo lateral de bases. A elevada saturação em bases observada no perfil 19, em relação principalmente ao 5, localizados nos extremos topográficos do elemento ombro, é um bom exemplo desse processo.

nos de 10% de ferridrita (SCHWERTMANN e KAMPF, 1983). Porém, esta tende a ser ligeiramente superior no perfil 19, quando comparada aos demais perfis situados no ombro e no topo da vertente. Isto se deve à presença do lençol freático suspenso que dificulta a cristalização dos óxidos de ferro. Calculando-se a relação Fed/Fet no horizonte Btg (0,43) e comparando-a com a dos perfis situado mais acima, a qual está em torno de 0,9, fica evidente a diferença do grau de alteração desses materiais decorrente do hidromorfismo, pois quocientes próximos a 1,0 indicam que quase nenhum ferro se encontra na grade cristalina de minerais primários (SCHWERTMANN et alii, 1983). Nos horizontes 2BC dos perfis da meia encosta (20 e 21) observam-se valores semelhantes aos do perfil 19 para a relação Feo/Fed , o que neste caso é resultado do baixo grau de alteração desses materiais. Os perfis do sopé (23 e 25), apresentam valores muito semelhantes aos do topo e ombro, exceto o perfil 19, submetido à ação do lençol suspenso, pois também se desenvolvem de mesmo material de partida retrabalhado.

Os teores de potássio total tendem também a aumentar no perfil 19, em relação aos sobrejacentes. Isto pode ser atribuído à proximidade do afloramento rochoso, como também às condições de drenagem imperfeitas e ao influxo lateral subsuperficial de potássio (BIRKELAND, 1984). A idéia da contribuição lateral desse elemento não é corroborada pelo observado nos perfis situados no sopé (23 e 25), onde os teores de potássio total são semelhantes aos do topo e ombro e a presença de mica não pode ser verificada na difratometria de raios-x,

como o foi no perfil 19. Nos horizontes 2BC e 2C do perfil 20 encontram-se teores semelhantes aos observados no 19, o que neste caso é resultado da proximidade do substrato.

4.3.3. Aspectos mineralógicos

A presença de caulinita e gibbsita é constante em todos os solos da catena. Porém, a quantidade da gibbsita no horizonte Bt do perfil 25, localizado no sopé da vertente, é nitidamente inferior à dos Bt dos perfis situados no ombro e topo que também apresentam material de partida retrabalhado. Isto pode ser explicado pelo influxo de silício através do movimento lateral de subsuperfície da água, conforme sugerido por MONIZ et alii (1982) e BIRKELAND (1984). A presença de silício em solução levaria à formação de um equilíbrio iônico desfavorável à estabilidade da gibbsita e favorável à da caulinita (KITTRICK, 1977; LINDSAY, 1979).

A ilita pode ser observada nos horizontes Bt do perfil 19, bem como no 2BC do perfil 20, neste último caso como resultado da alteração das Micas presentes em abundância no substrato (Gnaisses).

No perfil 17 aparece indícios da presença de ilita no horizonte Bt (picos pouco definidos a 3.3 e 10 Å). No horizonte A desse mesmo perfil esses picos ocorrem de forma mais evidente, o que é difícil de ser explicado e pode ser resulta-

contribuição lateral desse elemento não é corroborada pelo observado nos perfis situados no sopé (23 e 25), onde os teores de potássio total são semelhantes aos do topo e ombro e a presença de mica não pode ser verificada na difratometria de raios-x, como o foi no perfil 19. Nos horizontes 2BC e 2C do perfil 20 encontram-se teores semelhantes aos observados no 19, o que neste caso é resultado da proximidade do substrato.

4.3.3. Aspectos mineralógicos

A presença de caulinita e gibbsita é constante em todos os solos da catena. Porém, a quantidade da gibbsita no horizonte Bt do perfil 25, localizado no sopé da vertente, é nitidamente inferior à dos Bt dos perfis situados no ombro e topo que também apresentam material de partida retrabalhado. Isto pode ser explicado pelo influxo de silício através do movimento lateral de subsuperfície da água, conforme sugerido por MONIZ et alii (1982) e BIRKELAN (1984). A presença de silício em solução levaria à formação de um equilíbrio iônico desfavorável à estabilidade da gibbsita e favorável à da caulinita (KITTRICK, 1977; LINDSAY, 1979).

A illita pode ser observada nos horizontes Bt do perfil 19, bem como no 2BC do perfil 20, neste último caso como resultado da alteração dos feldspatos potássios presentes em abundância no substrato (Gnaisses).

No perfil 17 aparece indícios da presença de ilita no horizonte Bt (picos pouco definidos a 3.3 e 10 Å). No horizonte A desse mesmo perfil esses picos ocorrem de forma mais evidente, o que é difícil de ser explicado e pode ser resultado de problemas de contaminação. A ausência de ilita na camada 6 no perfil 1 sugere que esse material já possuía um certo grau de alteração quando da deposição do material retrabalhado que o sotopõe.

A figura 16 mostra os difratogramas dos óxidos de ferro previamente concentrados dos horizontes Bt dos perfis 1, 13, 17, 19 e 25 e 2BC do perfil 20. A hematita, caracterizada pelos espaçamentos de 3.66 e 2.17 Å, bem como a goethita (5.05, 4.15, 3.35, 2.56, 2.41, 2.22, 2.17 e 1.83 Å), são encontradas em todos os perfis. As distâncias interplanares de 2.70, 2.50 e 2.20 Å, são comuns a ambas as formas. A presença de leptocrocita nos perfis 1 e 19 é evidenciada pelos espaçamentos de 6.41 e 3.51 Å. A ocorrência de leptocrocita é frequentemente observada em solos hidromórficos (SCHWERTMANN e KAMPF, 1983), uma vez que esta precisaria de Fe^{++} como um precursor necessário (SCHWERTMANN, 1985). A presença desta forma de óxido de ferro pode assim ser explicada no perfil 19, porém sua ocorrência no perfil 1, onde prevalecem condições de drenagem livre, é difícil de ser entendida.

Quantitativamente, pode-se observar que a goethita aparece proporcionalmente em maior quantidade no horizonte 2BC do perfil 20 e em menor no horizonte Btg do perfil 19, onde as condições redutoras atuam como fator inibidor da cristalização

e favorecem a formação de lepidocrocita. Quanto à hematita, sua maior quantidade é encontrada no perfil 1 em função do elevado grau de alteração do material e das condições de drenagem presente. Essa idéia é corroborada pela variação nas cores observadas nesses materiais. A utilização de difratometria diferencial de raios-x (DDR-X), possibilitaria a determinação da dimensão da cristalinidade e da porcentagem de substituição em alumínio, como também da quantidade relativa dos minerais com maior precisão (BRYAN et alii, 1983). FITSPATRICK e SCHWERTMANN (1982) e SCHWERTMANN e KAMPF (1983), observaram que em ambientes hidromórficos a goethita apresenta pouca ou nenhuma substituição em alumínio, enquanto em solos altamente intemperizados esta tem geralmente alta substituição em alumínio.

BIGHAM et alii (1978) e CURI & FRANZMEIER (1984), também observaram essa mesma relação entre cor do solo e quantidade relativa de hematita e goethita, aqui sugerida com base no alargamento dos reflexos nos difratogramas de raios-x desses minerais. No perfil 25, muito semelhante aos perfis 1 e 13, a menor quantidade de hematita aí observada pode ser atribuída à nova posição topográfica ocupada por esse material e às modificações pedoambientais daí decorrentes, embora modificações na quantidade relativa de hematita e goethita não serem sugeridas pela cor desse material, a qual é a mesma verificada nos horizontes Bt dos perfis 1 e 13 (2.5 YR 4/6).

4.3.4. Aspectos estatísticos

O quadro 21 resume os resultados da análise de regressão múltipla entre atributos que podem refletir os processos pedogenéticos atuantes e certas propriedades químicas dos horizontes B e BC com estrutura em blocos com grau de desenvolvimento variando de fraco/moderado a forte. Quando mais de um horizonte apresentava essa característica em um mesmo perfil, utilizou-se a média dos valores determináveis para cada um deles.

A interpretação das correlações é dificultada pela complexidade das interações e ausência de medições diretas dos mesmos, conforme já observado por BERG et alii (1987b). Na transeção 1 apenas as variáveis independentes d e DN apresentaram coeficientes de regressão múltipla significativo com todas as variáveis dependentes, exceto com Ts e Ta. As correlações positivas com S e V% expressam as variações catenárias referidas anteriormente. O mesmo acontecendo para as correlações negativas observadas para Al, H e m. Provavelmente em função da variabilidade do material de partida e da utilização de dados de horizontes subsuperficiais, não foram observadas correlações significativas que poderiam ser esperadas entre d e DN com Ta e entre matéria orgânica e Ts. As correlações significativas verificadas nessa transeção se devem ao influxo lateral de bases em subsuperfície observado nos solos do sopé da vertente já mencionada no item 4.3.2.

Por outro lado, na transeção 2 onde são observadas as mesmas variações catenárias da transeção 1, a significância das correlações tanto no nível como na natureza foram diferentes, o que é difícil de ser interpretado a partir de fundamentos puramente pedológicos. A presença de variáveis de pouca ou nenhuma correlação diminui a significância de outras com possivelmente maior correlação. Isto sugere a necessidade de uma prévia seleção das variáveis a serem utilizadas nas regressões múltiplas e do número de perfis que precisam ser amostrados (WEBSTER, 1978; WILDING e DREES, 1983).

Quadro 21. Significância de coeficientes de regressão múltipla entre propriedades químicas do solo como variáveis dependentes e, como variáveis independentes, os atributos: distância do perfil do topo (d), diferença de nível (DN), argila, silte, material orgânico, espessura do horizonte B considerado (E), índice de vermelho de TORRENT (IV) e coeficiente de regressão (r²).

Variável Dependente	d	DN	Argila	Silte	Matéria Orgânica	E	IV	r ²
Transeção 1								
log (A1)	--	*	*	*	*	*	*	0.849
log (H)	---	---	*	*	*	*	*	0.601
log (S)	+++	++	*	*	*	*	*	0.935
log (Ts)	*	*	*	*	*	*	*	0.783
log (Ta)	*	*	*	*	*	*	*	0.801
V %	+++	+++	*	*	*	*	*	0.856
m	---	--			*	*	*	0.893
Transeção 2								
log (A1)	*	*	*	-	*	*	-	0.759
log (H)	*	*	*	*	+	*	*	0.738
log (S)	+++	*	*	*	-	*	*	0.955
log (Ts)	*	-	*	*	*	*	*	0.787
log (Ta)	*	*	*	*	*	*	*	0.833
V %	+	*	*	+	*	*	*	0.931
m	---	+	*	*	+	*	--	0.947

-, -- e --- Coeficiente regressão simples negativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0, 1% respectivamente.

+, ++ e +++ Coeficiente regressão simples positivo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% respectivamente.

* Coeficiente de regressão múltipla não significativo ao nível de 5%, se a referente variável independente fosse adicionado à equação da regressão.

O quadro 22 apresenta os resultados das correlações simples entre as mesmas variáveis empregadas na análise de regressão múltipla. Pode-se verificar que esse tipo de correlação mostra uma maior coerência para interpretações com base em fundamentos pedológicos. Na transeção 1 as variáveis independentes d e DN são altamente correlacionadas com todas as variáveis dependentes, positivamente com S, Ts, Ta e V% e negativamente com Al, H e M. O que pode ser explicado pela variação do material de origem associada ao fluxo lateral de bases em subsuperfície. A espessura da camada adensada (E) apresenta as mesmas tendências observadas para d e DN, pois estão diretamente relacionadas conforme o modelo proposto por MONIZ e BUOL (1982). A matéria orgânica, mesmo nos horizontes de subsuperfície aqui utilizados, apresentou uma correlação negativa com S e Ta e positiva com Al, provavelmente mais em função da diferenciação no material de origem e do fluxo lateral de subsuperfície do que a sua própria atuação.

Na transeção 2, as mesmas correlações verificadas para com d e DN na transeção 1 foram aqui observadas. De outra forma, as variáveis independentes argila e silte apresentaram correlações significativas não verificadas na transeção 1. No caso de silte, sua influência reflete a variação no material de partida ao longo da vertente, já que seus maiores teores são observados nos horizontes compostos por material alterado da litologia subjacente. As correlações observadas para o teor de argila inversas às verificadas para o de silte são resultados do fato dos maiores teores de argila terem sido observados

nos horizontes relacionados ao material retrabalhado, onde os valores de S, Ts, Ta e v% são inferiores. O IV que reflete a natureza dos óxidos de ferro e conseqüentemente o ambiente e grau de alteração dos materiais, mostrou ser correlacionado negativamente com Ts e Ta, uma vez que nos materiais mais amarelos resultante do intemperismo da litologia subjacente, o grau de alteração dos argilomineráls é inferior aos dos materiais mais vermelhos relacionados à cobertura retrabalhada. A espessura da camada adensada (E) apresenta as mesmas tendências observadas na transeção 1, embora aqui menos significativas. Quanto à matéria orgânica, esta mostrou-se estar apenas correlacionada positivamente ao teor de hidrogênio trocável, o que deve ser resultado da dissociação dos grupos ácidos que a compõem. Tendo em vista que os dados aqui utilizados se referem apenas aos horizontes subsuperficiais, não é de se esperar uma correlação significativa entre o teor de matéria orgânica e a significativa entre o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca de cátions do solo (Ts).

Quadro 22. Significância de coeficiente de regressão simples entre propriedades químicas do solo como variáveis dependentes e, como variáveis independentes, os atributos: distância do perfil do topo (d), diferença de nível (DN), argila, silte, material orgânico, espessura do horizonte B considerado (E) e índice de vermelho de TORRENT (IV).

Variável Dependente	d	DN	Argila	Silte	Matéria Orgânica	E	IV
Transeção 1							
log (A1)	---	---	*	*	+	--	*
log (H)	--	-	*	*	*	*	*
log (S)	+++	+++	*	*	-	++	*
log (Ts)	+++	+++	*	*	*	++	*
log (Ta)	+++	+++	*	*	-	++	*
V %	+++	+++	*	*	*	+	*
m	---	---	*	*	*	-	*
Transeção 2							
log (A1)	-	-	*	-	*	*	*
log (H)	--	-	*	-	+++	+	*
log (S)	+++	+++	-	+++	*	*	*
log (Ts)	++	++	--	+++	*	*	---
log (Ta)	+++	+++	--	+++	*	+	-
V %	+++	+++	-	+++	*	+	*
m	---	---	*	--	*	*	*

-, -- e --- Coeficiente de regressão simples negativo e significativo nível de 5, 1 e 0, 1% respectivamente.

+, ++ e +++ Coeficiente de regressão simples positivo e significativo nível de 5, 1 e 0,1% respectivamente.

* Coeficiente de regressão simples não significativo ao nível de 5%, se a referente variável independente fosse adicionada à equação da regressão.

5. CONCLUSÕES

O espessamento gradual de camada com estrutura em blocos se interrompe ainda um pouco antes da área do lençol devido a camada com cascalho se aproximar da superfície (perfil 15 a 18). Esse padrão de aumento de espessura é interrompido após a área de lençol. Praticamente não ocorreu interrupção no aumento gradual da densidade do solo, que se inicia com o valor médio de $1,22 \text{ g/cm}^3$ no topo (perfil 1) até atingir $1,38 \text{ g/cm}^3$ no sopé (perfil 25).

A saturação em bases com valores baixos nos solos do topo até o perfil 9 (< 26%) aumenta gradualmente até o perfil 19, quando atinge o valor médio de 67%. Após a área de lençol, o V% se estabiliza entre 59 e 61% para os perfis 20 a 25, interrompendo a tendência crescente verificada nos restantes 2/3 da encosta.

O teor de Fe_d , da ordem de 7-8% do topo até o perfil 17 decresce abruptamente no perfil 19, sob a influência do lençol freático urgente. Os perfis 21 a 25, no sopé, apresentam valores mais baixos (5-6%) em contraste com o perfil 20, com 8,1% Fe_d , aparentemente beneficiado com o Fe liberado na área do perfil 19.

A variabilidade lateral dos aspectos físicos avaliados é resultado principalmente da variação do material de origem dos solos ao longo da sequência. Aspectos morfológicos, como o desenvolvimento da estrutura em blocos e as modifica-

ções na cor dos materiais, estariam relacionados ao fluxo lateral de água em subsuperfície e à presença de lençol freático suspenso associado ao tipo de material de partida, respectivamente. Os atributos químicos são grandemente afetados pelo fluxo lateral de bases em subsuperfície, notadamente nos solos situados no sopé da vertente, enquanto que nos solos localizados na meia encosta a proximidade do material de origem seria responsável pela variação aí observada.

As características mineralógicas variam lateralmente, principalmente em função da modificação do material de origem e da ocorrência do lençol freático suspenso, sendo que este último afeta fortemente a natureza dos óxidos de ferro presentes.

As variações verticais quantitativas e qualitativas dos argilominerais são devidas à proximidade da litologia subjacente quando o material de origem é uniforme, ou podem ser resultado da não uniformidade desse fator de formação em profundidade. A ação inibidora da matéria orgânica sobre a cristalização dos óxidos de ferro refletida pelas modificações na relação Fe_o/Fe_d também pode ser observada, enquanto que o quociente Fe_d/Fet evidenciou a influência da proximidade do material de partida na proporção relativa entre ferro livre e o ferro presente na grade cristalina dos minerais primários.

A presença do horizonte Bw sotoposto pelo Bt, principalmente nos solos situados no topo e ombro da vertente, parece ser resultante de alterações plásticas consequentes de ciclos de umedecimento e secamento que freqüentemente ocorrem

na zona do perfil de solo afetada pelo fluxo lateral de água em subsuperfície. O processo de "lessivagem" parece ser o principal responsável pelas diferenças texturais entre os horizontes A e Bt, uma vez que a presença de cerosidade constatada neste último é considerada pela maioria dos autores como uma evidência desse processo, embora processos de remoção lateral seletiva de material e de destruição de argila possam ser atuantes, apesar de aqui não terem sido claramente identificados.

Finalmente, a utilização de parâmetros estatísticos para avaliar o tipo e o grau de influência dos fatores e processos pedognéticos atuantes no caso aqui em específico não se mostrou um método muito esclarecedor, uma vez que os resultados obtidos não trouxeram informações adicionais às já obtidas pela metodologia de análise sistemática adotada no campo e pelas determinações analíticas comumente adotadas nos estudos de gênese de solos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEXANDRE, L.T.; CADY, J.G.. Genesis and Hardening of laterite in soils. USDA soil Conser Serv. Technical Bulletin no. 1282, 90 p., 1962.
- ALEXIADES, C. A. e JACKSON, M. L. Quantitative clay mineralogical analysis of soil and sediments. Clays and Clay Minerals. Proc. 14th.
- ALOISI, R.R.; RANZANI, G.; DEMATTÊ, J.L.I. e CERRI, C.C. - Mineralogia da Fração Argila de Alguns Solos do Município de Jaboticabal, SP. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15o., Campinas, 1975, Anais, 1976. Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, p. 45-460.
- ANDRADE, S.S.; DEMATTÊ, J.L.I. e MONIZ, A.C. - "Gênese de tres catenas de solos localizados nos municípios de Piracicaba e Rio Claro, S.P.". Anais do 14o. Cong. Bras. de Ci. do Solo, 1973. Sta. Maria, p. 573-590, 1974.
- ANDRADE, S.S. de; MONIZ, A.C.; SANTOS, H.G. dos e ALMEIDA, H.C. "Sequência de evolução de solo bem drenados de rochas eruptivas básicas da Região fisiográfica de Campo Grande, MT". Anais do 15o. Congresso Bras. Ci. Solo (1975). Campinas, SBCS, p. 517-523, 1976.

- ARNOLD, R.W. - Multiple working hypothesis in soil genesis. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 29: p. 717-724, 1965.
- ARNOLD, R.W. - Pedological significance of lithologic discontinuities. p. 597-601, 1968.
- ARNOLD, R.W. Concepts of soils and pedology. In: Pedogenesis and soil Taxonomy: Concepts and Interactions, vol. 1. Elsevier Sci. Pub., New York, p. 21, 1983.
- AZOLIN, M.A.D.; KLAMT, E.; dos SANTOS, M.C.C. - Relações solo-superfícies geomórficas e material de origem a oeste da depressão central e campanha no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 15o. Campinas, 1975, Anais 1976, Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, p. 345-350.
- BERG, M. van den; LEPSCH, I.F.; SAKAI, E. - Solos de planícies aluviais do Vale do Ribeira de Iguape: I Padrões de distribuição. Rev. bras. Ci., Sol., Campinas, 11: p. 305-313, 1987a.
- BERG, M. van den; LEPSCH, I.F.; SAKAI, E. Solos de planícies aluviais do Vale do Ribeira de Iguape. II. Relações entre características físicas e químicas. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 11: p. 315-321, 1987b.
- BESOAIN, E. Mineralogia de arcillas de suelos, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José,

Costa Rica. 1985, 1216p.

- BIGARELLA, J.J. and ANDRADE, G.O. de. 1965. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. Spec. Pap., Geol. Soc. Am. 84: p. 433-451.

- BIGHAM, J.M.; GOLDEN, D.C.; BOWEN, L.H.; BUOL, S.W. e WEED, S.D. Iron oxide mineralogy of well-drained ultisols and oxisols: Characterization of iron oxides in soils clays by Mossbauer spectroscopy, x-ray diffractometry, and selected chemical techniques. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 42: 816-830, 1978.

- BIRKELAND, P.W. Soil and Geomorphology. Oxford University Press, New York EUA, 1984.

- BLUME e E. SCHLIGHTING. Morphology of wetland soils. In: Wetland soils: characterization, classification, and utilization. Internacional Rice Research Institute. p. 161-176, 1985.

- BOCQUIER, G. Genèse et evolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogédynamique. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSDTOM, no. 62, 1973, 350p.

- BORCHARDT, G.A. Montmorillonite and other smectile minerals. In: Minerals in soil environmets. p. 293-325, 1977.

- BOULET, R.; HUMBEL, F.X.; LUCAS, Y. Analysis structurale et cartographie en pédologie. II. Une méthode pierante en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cah. ORSTOM, Paris, XIX, 4: p. 323-339, 1982. (Ser. pedol.).

- BREWER, R. Fabric and mineral Analysis. Reprint of the ed. published by John Wiley & Sons. Inc. U.S.A 482 p. 1976.

- BRINKMAN, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. Geoderma Amsterdam, 3, 199-206, 1969/70.

- BRINKMAN, R. Surface-water gley soils in Bangladesh: genesis. Geoderma, 17: p. 111-144, 1977.

- BRINKMAN, R.; JONGMANS, A.G.; MIEDEMA, R. & MAASKANT, P. - Clay decomposition in seasonally wet, acid soils: micromorphological, chemical and mineralogical evidence from individual argilland. Geoderma, 10: p. 259-270, 1973.

- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCRACKEN, R.J. - Soil genesis and classification. The Iowa Stat. University Press, Ames. 404p. 1980.

- BUOL, S.W. - Pathways of oxisol formation. In: Fourth International Soil classification Workshop. Rwanda.

Proceedings. Bruxelas, p. 377-395, 1983.

- BUOMA, J. Hydrology and soil genesis of soils with aquic moist regimes. In: WILDING, L.P. et al., ed. Pedogenesis and soil Taxonomy. 1. Concepts and interactions. Rev. soil Sci. IIA. Elsevier Science Publishing New York. 1983. p. 253-281.

- BUTLER, B.E., 1959. Periodic phenomena in landscapes as a basis for soil studies. CSIRO Aust. Soil Publ. no. 14.

- BUTLER, B.E. Soil periodicity in relation to landform development in Shoutheastern Australia. In: Landforms Studies fromo. Austrália and New Guinea. Australian National University Press. 231-255, 1986.

- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos, utilizada em levantamentos Pedagógicos no Brasil. Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12: 11-33, 1987.

- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico Bol. Tec., 106, 94p. 1986.

- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. e KAUFFMAN, J.H. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. Separata do B. Inf., Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12 (1): p. 11-33, 1987.

- CARMO, D.N.; N. CURI and M. RESENDE. 1984. Caracterização de latossolos da região do alto Paranaíba (MG). R. Bras. Ci. Solo 8: 235-240.
- CARVALHO, A.; CHAUVEL e GONÇALVES, N.M.M. Alteration of basalt and formation of kaolinitic and gibbsitic material in the region of Ribeirão Preto (SP), Brazil. In: Proceedings of the II International Seminar on Laterization. Processes. São Paulo. Brazil, p. 477-489, 1982.
- CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. e CATANEO, A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de um podzóico vermelho-amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): Primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. Rev. bras. Ci. Solo, 13: 237-242, 1989.
- CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. e CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI_{30} . Rev. bras. Ci. Solo, 13: 243-249, 1989.
- CERRI, C.C. - Alteração do granito de ITU: Comportamento dos minerais Primários. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15o., Campinas, 1975. Anais, 1976, Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, p. 429-437.

- CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. - Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 48: 341-346. 1984

- CURI, N.; KAMPF, N. & RESENDE, M. Mineralogia, química, morfologia e geomorfologia de solos originados de rochas efusivas das Encostas Superior e Inferior do Nordeste, no Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Ci. Solo., Campinas, 8: 269-276, 1984.

- DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F. & CADY, J.G. - The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. Advance in Agronomy, 23: 51-87, 1971.

- DEMATTÊ, J.L.I. - Tese phd - Characteristics and classification of a toposequenci of soils wear Piracicaba, Brasil, p. 74-82, 1975.

- DEMATTÊ, J.L.I.; HOLLOWAYCHUK, N. - Solos da região de São Pedro, Estado de São paulo, I. Propriedades granulométricas e químicas. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1: 92-98, 1977.

- EMBRAPA. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2a. Edição. DOC. SNLCSN no. 3, p. 53, 1988.

- ESPIAU, P.; PEDRO, G. étude du phénomène de ferrolyse par voie Expérimentale. production d'acidité d'échange et mise en évidence du rôle catalytique des minéraux argileux. "Science

du Sol - Bulletin de l'A.F.E.S." no. 3-4, p. 173-184, 1983.

- ESPINDOLA, C.R. e GALHEGO, H.R. Estudo mineralógico de solos da Região Botucatu - São Manuel, S.P. II- A Fração Argila do Podzólico Vermelho Amarelo da Fazenda Experimental São Manuel. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 15o., Campinas, 1975, Anais, 1976. Campinas, Soc. Bras. Ci. solo, p. 449-450.
- ESWARAN, H. & SYS, C. Argillic horizons in LAC soils formations and significance to classification. Pedologie, Ghent, 29: 175-190, 1979.
- FANNING, S.O., KERAMIDAS, V.Z. Micaceous Minerals in soil environments. p. 195-252, 1977.
- FLACH, K.W.; NETTLETON, W.O.; GILE, L.H. e CADY, J.G. - Pedocementation: Induration by silica, carbonates, and sesquioxides in the Quaternary. Soil Science 107 (6): p. 442-453. 1969.
- FITZPATRICK, R.W. & SCHWERTMANN, U. Al-substituted goethite, an indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. Geoderma 27: p. 225-347. 1982.
- GERRARD, A. J. Soil and Landforms: An integration of geomorphology and pedology. George Allen e Unwin pub. Ltd.

London. 1981.

- GRIM, R.E. Clay mineralogy. McGraw-Hill Book Company, Inc. 384 p. 1953.
- HALL, G.F. - Pedology and Geomorphology. In: Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions. Elsevier Sci. Pub. New York, p. 117-140, 1983.
- HAMILTON, R.- Microscopic studies on laterite formation, p. 269-276. In: A Jongerius, ed., soil micromorphology. Elsevier Publ. Co, New York 540p. 1964.
- HUGGETT, R.J. - Soil-landscape systems: A model of soil genesis. Geoderma, Amsterdam, 13, p. 1-22, 1975.
- I.P.T. - Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1: 1.000.000. Divisão de Minas e Geologia Aplicada do Instituto Pesquisas Tecnológicas do Estado de São paulo. São Paulo, 1981a.
- I.P.T. - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1: 1.000.000. Divisão de minas Geologia Aplicada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981b.
- JACKSON, M.L. - Clay Transformations in soil genesis during the quaternary soil Sci. 99: 15-22, 1964.

- JENNY, H. - Factors of Soil Formation. New York, McGraw-Hill: 281p. 1941.
- JENNY, H. - The Soil Resource. Origin and behavior. New York, Springer - Verlags editores, 376p. 1980.
- JIMENEZ RUEDA, J.R. & DEMATTE, J.L.I. Solos originados de lamitos da formação Marília (Grupo Bauru) da região de Monte Alto, SP. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12: 161-170, 1988.
- KAMPF, N. e KLANT, E. Mineralogia e Gênese de latossolos (oxisol) Rev. Bras. Ci. Solo, 2: 68-73, 1978.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - Relações entre óxidos de ferro e a cor em solos cauliniticos do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Ci. Solo. Campinas, SP, 7: 27-31, 1983.
- KAMPF, N. & DICK. Óxidos de Ferro em Cambissolos Brunos no Rio Grande do Sul e Sul de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 8: 183-188, 1984.
- KLINGE, H. - Podzol soils in the Amazon basin. Journal of soil Science, vol. 16, no. 1, p. 95-103, 1965.
- KLINGE, H. - Podzol soils. A source of black water rivers in Amazonia. Vol. 3 (Limnologia): p. 117-125, 1967.

- KITTRIK, J.A. - Mineral equilibria and the soil system. In: Minerals in soil environments. p. 1-24, 1977.
- KANDA, E. R. e GAST, R.G. - Evaluation of Crystallinity in Hydrated Ferric oxides. Clays and Clay Minerals, 1973, Vol. 21, p. 121-130, 1972.
- LANYON L.E. e HALL, G.F. - Application of auto-correlation analysis to transect data from a drainage basin in eastern Ohio. Soil Sci. Soc. Amer. Journal. 45 (2): p. 368-372, 1981.
- LEPSCH, I.F. & BUOL, S.W. - Investigations in a oxisol - ultisol toposequence in São Paulo State, Brazil. Soil Sci. Am. Proc. Madison, 38: 491-496, 1974.
- LEPSCH, I.F. - Tese phd - Soil landscape relationships in area of occidentale plateau of São Paulo, Brazil. p. 56-66, 1975.
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B. - Soil landscape relationships in the occidental plateau of São Paulo, Brazil. I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. Soil Sci. Soc. Am. J. 41: 104-109, 1977.
- LEPSCH, I.F.; S.W. BUOL and R.B. DANIELS. 1977. Soil landscape relationship in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J. 41: 104-115.

- LEPSCH, I.F. - Superfícies geomorfológicas e depósitos superficiais neocenozóicos em Echaporã, SP. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, 53: 5-34, 1977.

- LEPSCH, I.F. & BUOL, S.W. - Oxisol-Landscape relationships in Brazil. In: Proceedings of the VIII International Soil Classification Workshop, part 1 - papers. Maio 1986. Embrapa, SMSS, AID, UPR. p. 174-189, 1986.

- LIN, C.H. & JACKSON, M.L. - Dissolution for total elemental analyses. In: Methods of soils analysis. 2nd ed. (PAGE, A.L. ; WILLER, R.H.; KEENEY, D.R. ed.), part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA/SSSA, Agronomy serie no. 9, p. 1-12, 1982.

- LIMA, V.C.; DEMATTE, J.L.I. & MONIZ, A.C. - Mineralogia da Argila do Rubrozem (Palehumult), Bacia de Curitiba - Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 1: p. 81-85, 1977.

- LINDISAY, W.L. - Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons, 449p. 1979.

- MELFI, A.J.; PEDRO, G. & VOLKOFF, B. - Natureza e Distribuição dos Compostos Ferríferos nos solos do Brasil. Comissão V - Gênese, Morfologia e Classificação do Solo. R. Bras. Ci. Solo 3: 47-54, 1979.

- MILNE, G. - Some suggested units for classification and mapping, particularly for East African soils. Soil Res., Berlin, V. 4, p. 183-198, 1935.
- MONIZ, A.C. & CARVALHO, A. - Sequência de evolução de solos derivados do arenito de Bauru e de rochas básicas da região noroeste do Estado de São paulo. Bragantina, Campinas, 32: 309-335, 1973.
- MONIZ, A.C.; BUOL, S.W.; WEES, S.B. - Formation of an oxisol-ultisol transition in São paulo, Brazil: II. lateral dynamics of chemical weathering. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1234-1239, 1982.
- MOURA FILHO, W. e BUOL, S.W. - "Studies of a Latosol Roxo (Eutruxox) in Brazil: Clay Mineralogy. Experientiae 13: p. 201-217, 1972.
- MUNCH, J.C. e OTTOW, J.C.G. - Preferential Reduction of Amorphous to Crystalline Iron Oxides by Bacterial Activity. Soil Science. Vol. 129, no. 1, p. 15-21, 1979.
- MUNCH, J.C. e OTTON, J.C.G. - Réduction bactérienne des oxydes ferriques amorphes et cristallisés. "Science du sol. Bulletin de l A.F.E.S." no. 3-4, p. 205-215, 1983.

- NORTON, L.D. e HALL, G.F. - Differentiation of Lithologically Similar Soil Parent Materials. Soil. Sci. Soc. Am. Journal. 49 (2): 409-414, 1985.
- OLIVEIRA, J.B.; ALFONSI, R.R.; PEDRO JUNIOR. Regimes hídrico e térmico dos solos do Estado de São Paulo. In: Congr. Bras. Ci. Sol., 15o., Campinas, SP, Anais, p. 359-362, 1976.
- PEDRO, G.; CHAUVEL, A. e MELFI, A.J. - Recherches sur la constitution et la genésés des Terra Roxa Estruturada du Brésil Am. Agron, 27 (3), p. 265-294, 1976.
- PEDRO, G. e MELFI, A.J. - The superficial alteration in tropical Region and the Lateritisation Phenomena. In: Proccedings og the II International Seminar on Laterization. Processes. São paulo, Brazil, p. 1-13, 1982.
- PENTEADO, M.N. - Novas Informações a Respeito dos Pavimentos Detríticos. ("stone lines"). Not. Geomorfol., Campinas, 9 (17): p. 15-41, 1969.
- PENTEADO, M.N. & RANZANI, G. - Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados de Marília, SP. Sedimentologia e Pedologia. no. 6, São Paulo, I.G. USP, p. 23, 1973.

- PESSOA, S.C.P.; RICHÉ, G.R. e RODRIGUES e SILVA. Desenvolvimento da estrutura de podzólicos e latossolos derivados de granulitos. *pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15 (3): 319-328, 1980.
- QUEIROZ NETO, J.P. - Observações preliminares sobre perfis de solo com bandas onduladas no Estado de São Paulo. São Paulo, USP, 1975. p. 34 (Sedimentologia e pedologia, 7).
- QUEIROZ NETTO, J.P. & JOURNAUX, A. Carta geomorfológica do Vale do Rio do peixe em Marília, SP. São Paulo, USP, 1978. p. 23. (Sedimentologia e pedologia, 10).
- RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos naturais. V. 32 Folhas SF, 23/24. Rio de Janeiro/Vitória; Rio de Janeiro, 1983.
- RODRIGUES, T.E. and E. KLANT. 1978. Mineralogia e Gênese de uma sequência de solos do Distrito Federal. *Rev. Bras. Ci. Solo.* 2: 132-139.
- ROTTA, C.L.; MONIZ, A.C. e LEPSCH, J.F. - Mineralogia de uma Topossequência de solos derivados de rochas ácidas do município de Atibaia, SP. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15o., Campinas, 1975. Anais, 1976. Campinas, Soc. Bras. Ci., Solo, p. 482-488.

- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (S.B.C.S.). Manual de Métodos de trabalho de campo. 2a. aproximação. Rio de Janeiro, 33p. 1984.
- SOIL SURVEY STAFF - Soil taxonomy: a Basic System of Soil Classification for Marking and Interpreting Soil Surveys. Agric. Handbook no. 436, U.S. Govt-Printing Office, Washington, D.C., 754p., 1975.
- SOMBROEK, W.G. - Amazon soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Netherlands, 1966.
- SCHWERTMANN, U. e FANNING, O.S. - Iron manganese concretions in hydrosequences of soils in loess in Bavaria. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, p. 438-444, 1976.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. - Iron Oxides. In: Minerals in soil environments. Edit. Dixon e outras. Soil Sci. Soc. of Americana, Madison, Wisconsin. E.U.A. p. 145-180, 1977.
- SCHWERTMANN, U. - The Role Aluminium in Iron Oxide Systems. In: Proceedings of the II International Seminar on Laterization Processes. São Paulo, Brazil. p. 66-68, 1982.

- SCHWERTMANN, U. & KAMPF, N. - Oxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 7: 251-256, 1983.
- SCHWERTMANN, U.; KLANT, E.; KAMPT, N. & SCHNEIDER, P. - Observações pedogenéticas em solos do Brasil. B. inf. V. 8 no. 2. p. 39-43, 1983.
- SCHWERTMANN, U. - Ocurrence and formation of iron oxides in varius pedo environments. In: A Nato Advanced Study Intitute on Iron in soils and clay minerals. 758-812, 1985.
- TIE-BI-YOUAN, M.; SAKAI, E.; LEPSCH, I.F.; CHAUVEL, A. - Caracterização e classificação de solos da formação Paríquera-açu (SP). Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 7: 183-190, 1983.
- TRUCKENBRODT, W. e KOTSCHOUBEY, B. - Argila de Belterra - Cobertura terciária das bauxitas amazônicas. Rev. Bras. Geoc. 11 (3): 203-208, S.P., 1981.
- UBERTI, A.A. & KLANT, E. - Relações solo-superfícies geomórficas na Encosta Inferior do Nordeste do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Ci. Solo. Campinas, 8: 229-234, 1984.

- VIDAL TORRADO, P. - Relações solo x relevo em Mococa (SP); influência das características topográficas e posição na vertante nos atributos do solo. Piracicaba. Diss. (Mestre) - ESALQ-USP, 1989.

- VOLKOFF, B. - Os Produtos Ferruginosos que determinam a cor dos Latossolos da Bahia. Rev. Bras. Ci. Solo 2: p. 55-59, 1978.

- WALKER, P.H.; HALL, G.F.; PROTZ, R. - Soil trends and variability across selected landscapes in Iowa. Soil Sci. Amer. Proc. Madison, 32: 97-101, 1968.

- WAMBEKE van, A.; ESWARAN, H.; HERBILLOU, A.J. e COMERMA, J. - Oxisols. In: Pedogenesis and soil Taxonomy. II. The soil Orders, by L.P. Wilding, N.E. Samach and G.F. Hall (Editors), p. 325-354, 1983.

- WATANABE, A.S. - Tese de Mestrado em Geografia Física. FFLCH-USP Um Estudo Geomorfológico na Borda Norte da Bacia de São Paulo - Pirituba. p. 1979.

- WEBSTER, R. - Optimally partitioning soil transects. J. Soil Sci. 29: 388-402, 1978.

- WILDING, L.P. & DREES, L.R. - Spatial variability and pedology. In: Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions. Elsevier Sci. Pub., New York, p. 83-

- WILDING, L.P. e REHAGE, J.A. - Pedogenesis of soils with aquatic moisture Regimes. In: Wetland soils: Characterization, classification, and utilization. International Rice Research Institute p. 139-157, 1985.

APENDICE

Figura 10. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 11. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 13. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 12. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes e camadas selecionadas do perfil 17. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 13. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes selecionados do perfil 19. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 14. Difratoigramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes selecionados do perfil 20. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 15. Difrátogramas da fração argila sem ferro e saturada com K (25°C) dos horizontes selecionados do perfil 25. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 16. Difractogramas dos óxidos de ferro concentrados. a) Horizonte Btl2 do perfil 1; b) Horizonte Btl2 do perfil 13; c) Horizonte Btl do perfil 17; d) Horizonte Btg do perfil 19; e) Horizonte Btl do perfil 20; f) Horizonte Btl do perfil 25. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 17. Difractogramas da fração argila sem ferro, saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 4 do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 18. Difrátogramas da fração argila sem ferro, saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 6 do perfil 13. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 19. Difrátogramas da fração argila sem ferro, saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol da camada 2 do perfil 17. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 20. Difratoograma da fração argila sem ferro, saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte Ap do perfil 19. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 21. Difratoograma da fração argila sem ferro e saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte 2BC, do perfil 20. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.

Figura 22. Difratoograma da fração argila sem ferro, saturada com K, pré-aquecida a 350 e 550°C, e Mg etileno glicol do horizonte Bt do perfil 25. Espaçamento interplanar (d/n) em Angstrom.