UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

72.3.3

ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE EM ROCHAS
GRANULÍTICAS NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA

Maria José Marinho do Rêgo

Orientador: Prof. Dr. Adilson Carvalho

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

São Paulo
1990

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ALTERAÇÃO E PEDOGÊNESE EM ROCHAS
GRANULÍTICAS NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA

Maria José Marinho do Rêgo

Orientador: Prof. Dr. Adilson Carvalho

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. A. CARVALHO
Examinadores:	Dr ^a M. C. T. GROKE
	Dr. I. M. LUCAS
	Dr. M. RESENDE
	Dr. J. L. I. DEMATTÊ

São Paulo
1990

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005465

*Esta tese foi fruto do meu trabalho, mas
acima de tudo, resultou do incentivo, ajuda,
paciência, tolerância e companheirismo dos
muitos Amigos e Familiares e a Eles, eu a
dedico.*

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE -----	i
ÍNDICE DE FIGURAS -----	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS -----	ix
ÍNDICE DE TABELAS -----	xi
AGRADECIMENTOS -----	xiii
RESUMO -----	xv
ABSTRACT -----	xvii
INTRODUÇÃO -----	1
CAPÍTULO 1 - O MEIO FÍSICO -----	3
1. Localização Geográfica -----	3
2. Geologia -----	3
3. Clima -----	7
4. Relevo -----	8
5. Vegetação -----	11
6. Os Solos -----	12

CAPÍTULO II - MATERIAIS E TÉCNICAS DE ANÁLISES -----	21
1. Materiais -----	21
2. Técnicas de Análises -----	22
CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS -----	26
1. Os Latossolos -----	26
1.1. Dados Morfológicos e Físicos -----	26
1.2. Dados Químicos -----	30
1.3. Conclusões -----	42
2. Os Podzólicos -----	43
2.1. Dados Morfológicos e Físicos -----	43
2.2. Dados Químicos -----	46
2.3. Conclusões -----	53
3. Cambissolo -----	56
3.1. Dados Morfológicos e Físicos -----	57
3.2. Dados Químicos -----	58
3.3. Conclusões -----	64
CAPÍTULO IV - EVOLUÇÃO MINERALÓGICA -----	65
1. Evolução dos Minerais Primários -----	65
1.1. Alteração dos Piroxênios -----	68
1.2. Alteração dos Feldspatos -----	70
1.3. Alteração das Micas -----	74
1.4. Alteração do Quartzo -----	76
1.5. Alteração das Magnetitas -----	76
1.6. Alteração das Granadas -----	79

	Pág.
2. A Fração Argila dos Solos -----	81
2.1. Latossolos -----	81
2.2. Podzólicos -----	89
2.3. Cambissolo -----	96
3. Discussão -----	100
 CAPÍTULO V - ORGANIZAÇÃO PEDOLÓGICA -----	 106
1. Latossolos -----	106
1.1. Perfil HBA 6 -----	106
1.1.1. Os Constituintes -----	107
1.1.2. A Evolução do Plasma e as Feições Pedo- lógicas -----	110
1.2. Correlação entre os Perfis -----	113
1.2.1. Esqueleto -----	113
1.2.2. Plasma -----	117
1.2.3. Vazios -----	118
1.2.4. Pedalidade -----	118
1.2.5. Feições Pedológicas -----	118
2. Podzólicos -----	118
2.1. Perfil HBA 5 -----	119
2.1.1. Os Constituintes -----	119
2.1.2. A Evolução do Plasma e as Feições Pedo- lógicas -----	121
2.2. Correlação entre os Perfis -----	123
2.2.1. Esqueleto -----	127
2.2.2. Plasma -----	127
2.2.3. Vazios -----	127
2.2.4. Pedalidade -----	127
2.2.5. Feições Pedológicas -----	128

	Pág.
3. Cambissolo -----	128
4. Discussão -----	131
4.1. Mecanismos de Agregação nos Latossolos -----	131
4.2. Mecanismos de Agregação nos Podzólicos -----	134
4.3. Mecanismos de Agregação nos Cambissolos -----	135
CAPÍTULO VI - AS RELAÇÕES ENTRE OS SOLOS E O RELEVO --	136
CAPÍTULO VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	142
RELAÇÃO DE FOTOS -----	146
BIBLIOGRAFIA CITADA E COMPLEMENTAR -----	154
ANEXOS	
A - Descrição dos Perfis -----	167
B - Descrição das Areias -----	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localização da área estudada na Região Cacaueira da Bahia -----	4
2	Mapa geológico da área em estudo -----	6
3	Diagramas ombrotérmicos de Ilhéus e Uruçuca --	6
4	Unidades geomorfológicas definidas na área em estudo -----	9
5	Mapa pedológico da área em estudo -----	9
6	Esquema da provável sequência da evolução dos produtos da alteração de granulitos em área de Podzólicos e Latossolos na Região Cacaueira da Bahia -----	19
7	Mapa de localização dos pontos de amostragem -	23
8	Curvas dos teores de argila, ferro livre e ferro total nos Latossolos -----	36
9	Curvas cumulativas da dissolução seletiva do ferro nos Latossolos -----	38
10	Curvas cumulativas da dissolução seletiva do alumínio nos Latossolos -----	40
11	Curvas cumulativas da dissolução seletiva da sílica nos Latossolos -----	41
12	Curvas dos teores de ferro livre, ferro total e argila nos Podzólicos -----	51

Figura		Pág.
13	Curvas cumulativas da dissolução seletiva do ferro nos Podzólicos -----	52
14	Curvas cumulativas da dissolução seletiva do alumínio nos Podzólicos -----	54
15	Curvas cumulativas da dissolução seletiva da sílica nos Podzólicos -----	55
16	Curvas dos teores de ferro livre, ferro total e argila no Cambissolo -----	62
17	Curvas cumulativas das dissoluções seletivas do ferro, silício e alumínio no Cambissolo -----	63
18	Alteração de piroxênio em esmectita -----	69
19	Alteração de piroxênio em hidróxido de ferro -	71
20	Alteração de feldspato (plagioclásio) em gibbsita -----	72
21	Alteração de biotita em esmectita, caolinita e hidróxido de ferro -----	75
22	Alteração de biotita em caolinita e hidróxido de ferro -----	77
23	Dissolução pelicular e fragmentação de quartzo	77
24	Alteração de magnetita em hidróxido de ferro -	78
25	Alteração de granada em hidróxido de ferro ---	80

Figura		Pág.
26	Difratogramas de raios-X em argila natural do perfil HBA 4 - LUd: a) argila grossa; b) argila fina -----	82
27	Curvas de ATD da fração argila grossa do perfil HBA 4 - LUd -----	83
28	Curvas de ATD em argila natural do perfil HBA 8 - LVd -----	84
29	Difratogramas de raios-X em argila natural do perfil HBA 8 - LVd -----	84
30	Curvas de ATD em argila natural do perfil HBA 6 - LVd -----	85
31	Difratogramas de raios-X em argila natural do perfil HBA 6 - LVd -----	85
32	Curvas de ATD sobre a fração argila grossa (A_1 a C_2) e argila total ($C_3 - C_4 - C_5$) do perfil HBA 5 - PE -----	90
33	Difratogramas de raios-X sobre a fração argila grossa do perfil HBA 5 - PE -----	90
34	Difratogramas de raios-X sobre a fração argila fina ($A_1 - B_{22} - B_3 - C_2$) e argila total ($C_3 - C_4 - C_5$) do perfil HBA 5 -----	91
35	Difratogramas de raios-X em argila natural do perfil HBA 12 - PE -----	95
36	Curvas de ATD em argila natural do perfil HBA 12 - PE -----	95

Figura		Pág.
37	Difratogramas de raios-X em argila natural do perfil HBA 1 - Cd; a) argila fina; b) argila grossa. Em IIC ₄ (a e b) foi analisada a fração argila total -----	98
38	Curvas de ATD sobre a fração argila grossa, <u>ex</u> cetuando IIC ₄ (argila total), do perfil HBA 1 - Cd -----	99
39	Diferentes fases do plasma no perfil HBA 6 - LVd -----	111
40	Evolução do fundo matricial e das feições pedo <u>l</u> ógicas no perfil HBA 5 (Podzólico Vermelho Ama <u>re</u> lo Equivalente Eutrófico) -----	124
41	Sequência evolutiva do mecanismo de agregação nos Latossolos -----	132

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto		Pág.
1	Início da alteração de piroxênio em esmectita, Microscópio óptico, luz natural -----	146
2	Pseudomorfose de hidróxido de ferro em piroxênio, com preenchimento de gibbsita. Microscópio óptico, luz polarizada -----	146
3	Fase inicial da alteração de plagioclásios. Microscópio óptico, luz polarizada -----	147
4	Hidróxidos de ferro invadindo rede de fissuras em plagioclásios que se alteram em gibbsita. Microscópio óptico, luz polarizada -----	147
5	Ilhas de feldspatos em meio à pseudomorfose gibbsítica. Microscópio óptico, luz polarizada ---	148
6	Relíquia de pseudomorfose esmectítica sobre biotita, ao lado de pseudomorfose caolinítica também sobre biotita, em meio ao alteroplasma. Microscópio óptico, luz polarizada -----	148
7	Alteração de magnetita em hidróxidos de ferro em meio ao plasma argilo-ferruginoso. Microscópio óptico, luz polarizada -----	149
8	Alteração de granada em goethita de diferentes gerações. Microscópio óptico, luz polarizada -	149

Foto		Pág.
9	MET x 50.000. Morfologia placóide de argila cao linítica da fração argila grossa no horizonte C ₂ do Latossolo variação Una (Perfil HBA 4) --	150
10	MET x 20.000. Aspecto de argilas com morfologia tubular e em placas da fração argila fina do ho rizonte C ₂ do Latossolo variação Una (Perfil HBA 4) -----	150
11	MET x 50.000. Morfologia em tubos longos e em placas da fração argila do horizonte C ₁ em La tossolo Vermelho Amarelo (Perfil HBA 6) -----	151
12	MET x 50.000. Idem foto 11 -----	151
13	MET x 30.000. Morfologia em tubos longos (ha loisitas)? e placóide (caolinitas) de argilas contidas no horizonte C de Latossolo Vermelho Amarelo (Perfil HBA 8) -----	152
14	MET x 60.000. Morfologia em tubos e em placas de haloisitas (7 ⁰ Å) e caolinitas respectivamen te, da fração argila grossa (B ₂₁) em Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (Perfil HBA 5) -----	152
15	MET x 40.000. Idem foto 14 em horizonte B ₃ .	153
16	MET x 40.000. Haloisitas (7 ⁰ Å) em tubos curtos e caolinitas (em placas) em horizonte B de Pod zólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (Perfil HBA 12) -----	153

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela		Pág.
1	Dados referentes a umidade, granulometria e <u>ma</u> téria orgânica nos Latossolos -----	27
2	Dados referentes ao pH e complexo sortivo nos Latossolos -----	31
3	Distribuição do ferro livre e ferro total nos Latossolos -----	33
4	Dados referentes a umidade, granulometria e <u>ma</u> téria orgânica dos Podzólicos -----	44
5	Dados referentes ao pH e complexo sortivo nos Podzólicos -----	47
6	Distribuição do ferro livre e ferro total nos Podzólicos -----	49
7	Dados físicos e químicos do Cambissolo Distrô fico (HBA 1) -----	59
8	Composição química de argilas do perfil HBA 4 - LUd por microsonda eletrônica -----	88
9	Composição química de argilas do perfil HBA 5 - PE por microsonda eletrônica -----	94
10	Dados micromorfológicos do perfil HBA 6 - LVd	114
11	Dados micromorfológicos do perfil HBA 8 - LVd	115

Tabela	Pág.
12 Dados micromorfológicos do perfil HBA 4 - LUd	116
13 Dados micromorfológicos do perfil HBA 5 - PE -	125
14 Dados micromorfológicos do perfil HBA 12 - PE	126

AGRADECIMENTOS

A consecução de um trabalho de tese não seria possível sem a ajuda de pessoas e instituições, e a elas me dirijo, para expressar meus sinceros agradecimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de auxílios financeiros que foram imprescindíveis para a realização do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo estágio concedido.

Ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC, pela realização das análises químicas de rotina.

Ao Prof. Dr. Adilson Carvalho, não só pela orientação da parte científica, como pelo apoio na resolução dos problemas operacionais ligados ao trabalho. A ele, meu reconhecimento e minha amizade.

Ao Prof. Dr. Adolpho José Melfi, que com sua prestimosidade em ouvir e discutir minhas dúvidas, teve sempre valiosas sugestões a oferecer.

Aos Profs. integrantes da Missão ORSTOM - Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développment en Coopération, no Instituto de Geociências da USP, Drs. Armand Chauvel e Jean Delvigne, sempre tão solícitos em ajudar e transmitir conhecimentos, e em particular ao Prof. Dr. Boris Volkoff que, além de me incentivar a desenvolver este trabalho, orientou-me com dedicação, em trabalhos de laboratório e campo.

À Profa. Dra. Maria Cristina Toledo-Groke e a colega Maria Teresa da Nóbrega, que me premiaram com sua amizade e incontáveis ensinamentos.

Ao Prof. Dr. José Vicente Vallarelli, que me incentivou a pleitear um estágio financiado pelo CNPq, a ser cumprido nos Laboratórios da ORSTOM em Bondy-França, onde seriam realizadas análises especiais. Este estágio, concedido em 1986, de grande importância para o andamento do trabalho, não pode ser realizado pela insensibilidade da Reitoria da UFBA, que se negou a liberar-me pelo período de quatro meses.

À Mme Bouleau, Mme Millot, Mlle Martine Gerard, M. Locati, M. Gautheyrou e M. Quantin por realizarem, sobre algumas amostras, análises em MET, MEB e DRX nos laboratórios da ORSTOM, tendo M. Quantin auxiliado também nas interpretações dos resultados.

Ao amigo Bernardo Thadeu de Almeida Nunes, pela orientação nos assuntos ligados à Geomorfologia.

Aos funcionários, sempre tão atenciosos e dedicados, da Secretaria do Departamento de Geologia Geral e da Pós-Graduação, da Biblioteca, dos Laboratórios de Geoquímica, Difração de Raios-X, Química, Preparação de Amostras e da Secção de Laminação do Instituto de Geociências da USP.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação do Instituto de Geociências da USP, Maurício, Luciana, Nena, Fernando Nádia, Sílvia Helena, Ana Maria, Rosinha, Gerusa, Maria, Juracy, Gergely, Inez, Sandra, e em especial a Sílvio Vlach, que compartilharam comigo momentos de alegria e tornaram mais leves os momentos difíceis.

Aos colegas do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFBA, pela gentileza e incentivo constante.

RESUMO

Com a finalidade de estudar a alteração e a pedogênese em clima tropical úmido, foi escolhida uma área dentro da Região Cacaueira da Bahia, apresentando homogeneidade petrográfica.

Geologicamente a área é dominada por rochas granulíticas e está submetida a um clima com características equatoriais, traduzidas por pluviosidade, temperatura e umidade do ar elevadas. O relevo é representado por dois domínios: o dos Planaltos Cristalinos (Serras e Maciços Pré-Litorâneos e Tabuleiros Pré-Litorâneos) onde o relevo é mais movimentado, e a Depressão de Itabuna, com cotas mais baixas.

Para desenvolvimento do trabalho foram coletados 6 perfis de solo, correspondendo a 3 Latossolos, 2 Podzólicos e 1 Cambissolo, além de amostras avulsas.

O clima atuante na área propicia uma alteração eficaz, levando à formação de minerais da família da caolinita (caolinita mal cristalizada e haloisita ($7\text{\AA}$)) acompanhados por hidróxidos de ferro e alumínio (goethita e gibbsita respectivamente); quantidades variáveis de esmectitas, micas alteradas e cloritas ocorrem compondo a fração argila dos horizontes de alteração e solum, representando condições particulares do meio:

No que se refere a organização pedológica, pode-se distinguir diferentes níveis, de acordo com as classes de solo.

Nos Latossolos, tem-se o desenvolvimento de um mecanismo de agregação, que é traduzido por diferentes etapas: plasma heterogêneo → interação argila-hidróxidos → plasma homogêneo

→ separações plásmicas → aumento da porosidade → individuali
zação de peds.

Na classe dos Podzólicos, o grau de homogeneidade do plasma é baixo; a rede de vazios é decorrente de esforços de contração e dilatação pela variação da umidade, o que leva a formação de uma estrutura grosseira com médio grau de desen
volvimento.

Os Cambissolos são originados sobretudo, de 2 mate
riais: um deles, o mais superficial, representado por mate
rial remanejado, que dá ao solo um aspecto latossólico e orga
nização pedológica incipiente; o segundo material, é represen
tado pelo produto de rochas alteradas in situ e é comparável
aos horizontes C de Latossolos e Podzólicos, apresentando plas
ma apedal com aspecto heterogêneo.

Num contexto geral, os Latossolos ocupam preferen
cialmente os Tabuleiros Pré-Litorâneos; esta unidade geomorfo
lógica está recoberta por material coluvial, do Neógeno, daí
a existência de solos profundos, bem desenvolvidos, com baixo
grau de saturação em bases, pH ácido e mineralogia representa
da por caolinita, hidróxidos de ferro e alumínio, e quartzo.

Os solos mais jovens, Podzólicos e Cambissolos, ocu
pam, grosso modo, as unidades geomorfológicas das Serras e Ma
ciços Pré-Litorâneos e a Depressão de Itabuna. As retiradas
das alteritas aí existentes, no Plio-Pleistoceno, permitiu a
formação de perfis a partir da rocha, com pouco e médio grau
de desenvolvimento, apresentando caráter eutrófico, acidez mo
derada e paragênese secundária mais diversificada - caso dos
Podzólicos; os Cambissolos, por sofrerem influência do mate
rial transportado, apresentam complexo com baixo grau de satu
ração e acidez forte, apesar da presença de minerais alterá
veis na massa do solo.

ABSTRACT

In order to study the alteration and pedogenesis under humid tropical climate, an area was selected within the Cacueira Region of Bahia, displaying petrographic homogeneity.

Geologically, the area is dominated by granulitic rocks and is subjected to a climate with equatorial characteristics, worked out by monsoon rains, temperature and high humidity of air. The relief is represented by two domains: of the Crystalline Highlands (Pré-Littoral Serras and Massifs and Pre-Littoral Table Lands), where the relief is more accentuated, and the Depression of Itabuna, with lower topographic levels.

For development of the work, six profiles of soil were studied, corresponding to Latosoil (03), Podzolic Soil (02) and one of Cambisoil, besides the individual samples.

The acting climate of the region propagated an effective alteration, leading to the formation of minerals of kaolin family (kaolinite - poorly crystallized and halloisite ($7\text{\AA}$)) accompanied by hydroxides of iron and aluminium (goethite and gibbsite respectively); varying quantities of smectites, altered micas and chlorites occur, constituting the fraction of clays of horizons of alteration and solum, representing particular conditions of environment.

With reference to the pedologic organization, one may distinguish different levels, according to the classes of soils.

In the Latosoil, there is development of a mechanism of aggregation, that is brought out during different stages, heterogeneous plasma $\rightarrow$ clay-hydroxide interaction $\rightarrow$ homogeneous plasma plasma separations $\rightarrow$ increase of porosity $\rightarrow$ individualization of peds.

In the class of Podzolic Soils, the homogeneity of plasma is low, the network of blank spaces is the result of forces of contraction and dilatation by variation in humidity, that leads to the formation of a coarse structure with medium grade of development.

The Cambisols are originated overall of two materials; one of them is more surfacial, represented by reworked material, that gives to the soil an aspect of Latosoil and the incipient pedologic organization; the other material is represented by the product of altered rocks "*in situ*" and is comparable with C-horizon of Latosoil and Podzolic Soil, giving the basal plasma an heterogeneous aspect.

In a general context, the Latosoil preferentially occupy the Pre-Littoral Tablelands, this geomorphological unit is covered by colluvial material of Neogene age, there is existence of deep soils, well developed, of low grade in bases saturation, acidic pH and a mineralogical assemblage formed of caolinite, aluminium and iron hidroxides and quartz.

The young soils, that are Podzolic Soils and Cambsoils broadly occupy the geomorphological unities defined as Pre-Littoral Serras and Massifs, and the Depression of Itabuna. The depart of the alterites from these sites, during the Plio-Pleistocene, permitted the formation of profiles of these young soils from the rocks, with low to medium grade of development; the Podzolic Soils show eutrophic character, moderate acidity and a more diversified secondary mineral paragenesis; the Cambisols, that were submitted to the influence of the transported material, bear a higher acidity and low grade in bases saturation complexe, in spite of the presence of altered minerals in the mass of soil.

INTRODUÇÃO

As diversas paragêneses que ocorrem nos solos derivam da maior ou menor atuação dos fatores da pedogênese, os quais orientarão as transformações e neossínteses que terão lugar em determinados meios.

Com o advento de novas técnicas analíticas, o acompanhamento das modificações sofridas pelas rochas nos perfis de alteração e pedológico, tem evidenciado a ocorrência de um grande número de transformações. Nestas, produtos amorfos e minerais são formados, transformados e às vezes destruídos, atestando uma busca incessante desses materiais por uma situação de equilíbrio com o meio.

Nas áreas submetidas a climas quentes e úmidos a intensa alteração das rochas dá origem a espessos mantos de intemperismo constituídos sobretudo por minerais do grupo da caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Além desses materiais, são encontrados em pequena quantidade e com vida efêmera, minerais do tipo 2:1 representando condições particulares do meio em determinados estádios da alteração.

À medida que ocorrem essas modificações de caráter mineralógico, tem-se transformações de ordem estrutural e organizacional dos materiais, que correspondem aos fenômenos denominados de pedoplasmação (Flach et al, 1968) os quais são responsáveis pela formação dos diferentes tipos de solo.

Com a finalidade de estudar a alteração e a pedogênese em clima tropical úmido e acompanhar as transformações mineralógicas dos materiais, foi escolhida uma área dentro da Região Cacaueira da Bahia, apresentando homogeneidade petrográfica. Pretendeu-se também estudar a organização morfológica dos diferentes tipos de solo à luz das evoluções de caráter

ter mineralógico. Foi realizada ainda, uma tentativa de correlação das várias classes de solos estudadas e a sua repartição na paisagem, observando-se a atuação dos fatores genéticos no desenvolvimento de suas características.

O trabalho está subdividido em quatro partes: na primeira, é feita a descrição do meio físico e das técnicas e materiais utilizados na pesquisa; na segunda parte são apresentados os dados morfológicos, físicos e químicos referentes aos solos estudados e que correspondem aos mais representativos da área (Latosolos, Podzólicos e Cambissolos); a terceira parte é consagrada aos resultados de caráter mineralógico e micromorfológico dos materiais; as relações entre os diferentes tipos de solo e o processo evolutivo dos materiais, assim como as interrelações daqueles com as suas posições na paisagem é o tema abordado na quarta e última parte deste trabalho.

CAPÍTULO I

O MEIO FÍSICO

1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área objeto do estudo localiza-se na chamada Região Cacaueira da Bahia.

A divisão regional do Brasil, elaborada pelo IBGE na década de 40, definiu o espaço geográfico cacaueiro como zona fisiográfica, caracterizada pela monocultura do cacau. Na nova divisão regional do país, elaborada pelo órgão em 1968, o conceito de homogeneidade do espaço foi absorvido e o termo zona fisiográfica foi substituído por microrregião homogênea que, no caso da Cacaueira, tem na presença da monocultura do cacau a determinante econômica da região. Baseado neste conceito, Melo (1978) definiu a Região Cacaueira como constituída pelos municípios das microrregiões homogêneas do IBGE, denominadas "*Tabuleiros de Valença*" e "*Cacaueira*".

Dentro desta área, aquela balizada pelos meridianos de $39^{\circ}00'$ e $39^{\circ}30'W$ e pelos paralelos de $14^{\circ}00'$ e $15^{\circ}00'S$, foi escolhida para desenvolvimento do presente trabalho (Figura 1); dela, foram excluídas as áreas com ocorrência de rochas que não as granulíticas.

2. GEOLOGIA

Em escala regional, a área estudada faz parte de uma grande província petrográfica, conforme reconhecimento feito por Pedreira & Souto (1972), que vai desde o limite norte da Bacia Metassedimentar do Rio Pardo, pela costa, até a região

FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA. FONTE FIBGE (1968)

de Salvador. Esta província é caracterizada pela predominância de rochas metamórficas de fácies granulítica.

Cordani (1973), estudando a evolução geológica desta província, denominou-a de Complexo Granulítico de Jequié. As rochas foram genericamente denominadas de granulitos, sendo os tipos petrográficos mais comuns representados por granulitos ácidos, de composição quartzo-feldspática e básicos, com piroxênios e anfibólios em quantidade considerável; estes tipos ocorrem frequentemente intercalados.

Posteriormente, Mascarenhas et al (1976) usando como referência a Falha da Escarpa do Planalto, dividiu o Complexo Granulítico de Jequié em duas grandes associações litológicas. A primeira, constituída por charnockitos, piroxênio-granulitos, gnaisses e granulitos indiferenciados, localizada a oeste da falha, foi designada de Complexo Granulítico de Jequié; a segunda (faixa costeira), composta de piroxênio-granulitos e granulitos migmatizados, foi denominada de Cinturão Móvel.

Pedreira et al (1976) designaram estas rochas granulíticas de Blocos Tectônicos de Jequié e de Itabuna, conforme localização a oeste e leste da falha, respectivamente.

Localmente, a área estudada faz parte do Cinturão Móvel ou Bloco Tectônico de Itabuna, sendo composta por duas unidades litológicas (Inda & Barbosa, 1987) conforme representado na **Figura 2**. A unidade litológica Agl está localizada na parte leste da área e tem como litologias dominantes piroxênio-granulitos e hornblenda-piroxênio-granulitos que coexistem, às vezes, com tipos ácidos. A unidade Agm ocorre na porção oeste da área e litologicamente é dominada por feldspato-piroxênio-granulitos.

O levantamento geológico realizado pelo Projeto Radambrasil (1981) para a folha Salvador (SD.24) utilizou genericamente o termo pircclasitos para designar as rochas granu

FIG. 2 - MAPA GEOLOÓGICO DA ÁREA EM ESTUDO.
FONTE : INDA & BARBOSA (1978)

FIG. 3 - DIAGRAMAS OMBROTÉRMICOS DE ILHÉUS (MÉDIAS MENSIS DE T° ENTRE 1971 E 1970 E PLUVIOSIDADE ENTRE 1945 E 1970 E URUCUCA (T° E PRECIPITAÇÃO MÉDIAS MENSIS ENTRE 1965 E 1971).

líticas de composição norítica e gabronorítica; tal termo corresponde na literatura aos piroxênio-granulitos e granulitos básicos.

Os piriclasitos ocorrem predominantemente na área e são representados por rochas de coloração cinza escura, granulação fina a grossa e estrutura maciça a foliada; as texturas são granoblásticas equigranulares e seriadas, com bordos dos minerais interlobados, amebóides e poligonais. Mineralogicamente são constituídos essencialmente por plagioclásios e piroxênios; em menor quantidade podem apresentar quartzo, biotita, hornblenda, opacos, apatita, zircão e granada. Os principais minerais secundários são bastita, clorita, sericita e carbonatos.

3. CLIMA

A Região Cacaueira da Bahia faz parte de uma faixa de terras costeiras que se alonga do Rio de Janeiro a Salvador, caracterizada por possuir um regime climático individualizado. Tal individualização é originada pela ação conjunta de vários fatores como a altitude (baixas cotas), latitude (faixa intertropical), proximidade do mar e influência de diversas massas de ar que atuam em diferentes estações. A conjunção desses fatores leva a ocorrência de um clima com características equatoriais, traduzidas por pluviosidade, temperatura e umidade do ar elevadas.

A área estudada apresenta totais pluviométricos anuais compreendidos entre 1.500 e 2.200 mm correspondendo os valores mais elevados às áreas mais próximas do litoral. As chuvas ocorrem durante todo o ano com o aumento das precipitações no período de outono-inverno.

As temperaturas médias variam de 23° a 25°C, com as mais elevadas ocorrendo próximo ao litoral.

A umidade relativa do ar é elevada, permanecendo sempre com índices superiores a 80%.

Curvas ombrotérmicas (**Figura 3**) confeccionadas para os Municípios de Ilhéus e Uruçuca mostram a inexistência de período seco na área.

De acordo com a classificação de Köppen, a área em estudo está submetida a um clima do tipo Af, ou seja, clima tropical constantemente úmido, sem estação fria, com temperatura do mes menos quente acima de 18°C e pluviosidade total superior a 1.300 mm/ano.

4. RELEVO

Os estudos mais detalhados referentes ao relevo da área foram realizados pelo Projeto Radambrasil (1981) nos quais foram baseadas as observações aqui contidas. Neste trabalho, foi adotada uma taxonomia baseada em uma hierarquização interna de cada unidade (Domínio, Região e Unidade Geomorfológica) que segundo os autores, coloca a disposição dos usuários, áreas com dimensões diferentes, cada uma delas definida por critérios técnicos associados à sua gênese.

A observância do mapa relativo a área em apreço (**Figura 4**) mostra a sua inclusão em dois Domínios Geomorfológicos: o Domínio das Depressões Interplanálticas e o Domínio dos Planaltos Cristalinos.

O Domínio das Depressões Interplanálticas é representado na área pela Depressão de Itabuna que corresponde a uma superfície de aplanamento que teve sua evolução decorrente da alternância de processos de alteração e pediplanação. Apresenta rochas pouco alteradas, truncadas por processos de aplanamento que descarnaram o relevo; os vales apresentam fundo chatos colmatados, as elevações são inferiores a 100 m e a depressão abre-se em direção ao litoral.

FIG. 4 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEFINIDAS NA ÁREA EM ESTUDO. FONTE: PROJETO RADAMBRASIL (1981).

FIG. 5 - MAPA PEDOLÓGICO DA ÁREA EM ESTUDO. FONTE: EMBRAPA (1977). SIMPLIFICADO.

O segundo domínio é representado pelos Planaltos Cristalinos, ocorrendo na área a Região denominada Planalto Rebaixado. Esta é topograficamente rebaixada em relação a outra Região localizada a oeste (Planalto Soerguido) e apresenta topos com altitudes inferiores a 300 m balizados por elevações que podem atingir 1.000 m de altitude. O controle tectônico na área é evidenciado através do direcionamento da drenagem e de linhas de cumeada no sentido preferencial SSO-NNE que acompanham fraturas e falhas. A região está submetida a intensa dissecação, propiciada pelo clima tropical úmido que aí ocorre.

Duas unidades desta região estão representadas na área: a das Serras e Maciços Pré-Litorâneos e os Tabuleiros Pré-Litorâneos.

As Serras e Maciços Pré-Litorâneos abrangem os relevos montanhosos entremeados por áreas relativamente planas. A amplitude altimétrica é elevada desde que trechos rebaixados chegam a menos de 100 m e alguns topos podem atingir 1.000 m. Domina na área um modelado de dissecação diferencial onde é visível uma acentuada influência da estrutura; os interflúvios são convexizados e as vertentes apresentam-se, de modo geral, convexo-côncavas, ocorrendo encostas totalmente convexas nas colinas de mais baixas altitudes.

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos, com altitudes entre 100 e 200 metros, apresentam um relevo bastante uniforme, tendo a erosão dissecado intensamente os granulitos muito alterados do Pré-Cambriano Inferior. As formas resultantes foram mapeadas como modelado de dissecação homogênea, ou seja, independente do controle estrutural. O controle da tectônica é evidenciado tão somente através de alguns afluentes do Rio de Contas, cujos vales são adaptados à estrutura.

O espesso manto de alteração que ocorre em toda a unidade apresenta-se recoberto por material coluvial vermelho amarelado com espessura que varia, em geral, de 1 a 2 metros.

5. VEGETAÇÃO

De acordo com os trabalhos elaborados pelo Projeto Radambrasil (Folha Salvador) a área estudada faz parte da Região Ecológica denominada Floresta Ombrófila Densa Submontana, referindo-se o último termo a características topográficas e fisionômicas.

Esta região ecológica corresponde ao Ecossistema da Floresta Perenefólia Higrófila, terminologia utilizada por Leão & Gouvea (s.d.) quando da elaboração do Mapa dos Ecossistemas da Região Cacaueira Baiana.

A Floresta Ombrófila Densa Submontana ocupa extensas áreas do Sul Baiano, recobrendo superfícies dissecadas do Pré-Cambriano, compostas de rochas granulíticas gnaissificadas. Esta floresta tem a sua atividade vegetativa assegurada pela elevada umidade atmosférica, temperatura e precipitação pluviométrica altas e solos sempre úmidos. Tem em sua composição, indivíduos de grande porte que chegam a atingir 40 m de altura e 8m de circunferência, apesar da altura média situar-se em torno de 25 m.

Esta formação está representada por muitos gêneros entre os quais Cariniana, Caryocar, Porouma e Sloanea, além de palmeiras como indaiá (*Atallea compta*), juçara (*Euterpe edulis*) e da taquara (*Merostachys* sp.).

A região sofreu uma intensa ação antrópica; apesar disso, ocorrem áreas com revestimentos florestais naturais remanescentes, localizadas em relevos fortemente dissecados ou áreas mantidas como reservas.

Com a abertura da floresta para exploração de espécies selecionadas, observa-se um adensamento da submata, com grande quantidade de umbaúbas e corindibas. As submatas, em geral, apresentam abundância de epífitas e trepadeiras.

Pode-se distinguir nesta região ecológica as matas de "cumeada", ocupando as elevações e as de "grota" que ocorrem revestindo os vales. As matas de grota tem um porte mais elevado que aquelas de cumeada por localizarem-se em ambiente mais propício porém, encontram-se mais devastadas já que estas áreas prestam-se preferencialmente para o cultivo.

É comum na região a retirada da submata para dar lugar a cultura do cacau. As árvores de maior porte são mantidas para propiciar o sombreamento da cultura e a floresta, neste caso, toma a denominação de "cabrucada".

Nos solos de baixa fertilidade é comum o aparecimento de vegetação secundária densa e baixa (capoeira) onde ocorre frequentemente a umbaúba e a corindiba.

As culturas de cacau sombreadas com mulungu, seringueira, pimenta do reino e cravo da Índia são expressivas nesta região.

6. OS SOLOS

Vários levantamentos de solo, realizados na Bahia por diferentes instituições, englobam a área do presente estudo.

Silva et al (1975) realizaram levantamento de solos utilizando a classificação americana (7a. aproximação) a nível de reconhecimento com detalhes e mapa na escala 1:750.000.

Na área estudada foram reconhecidos como dominantes os solos com horizonte óxico (Haplorthoxs e Umbriorthoxs), solos com horizonte argílico (Tropudalfs e Tropudults) e solos com horizonte câmbico (Dystropepts e Eutropepts).

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) realizou através do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, o Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Bahia: Margem Direita do Rio São Francisco, com publicação de mapa em escala 1:1.000.000 (**Figura 5**). De acordo com este levantamento ocorrem na área várias as sociações de solo, sendo estas compostas por Latossolos, Podzólicos e Cambissolos.

Os Latossolos da área são solos profundos ou muito profundos com horizonte B latossólico, não hidromórfico. Apresentam alto grau de intemperização, com ausência de minerais primários alteráveis na massa do solo, capacidade de troca e grau de saturação baixos, alto grau de floculação das argilas, baixos teores de silte, dominância de transições difusas e graduais, textura argilosa e muito argilosa.

São bem a fortemente drenados, muito porosos e muito friáveis, apresentando sequência de horizontes A, B e C.

São constituídos por argilas 1:1, sesquióxidos de ferro e alumínio, quartzo e outros minerais altamente resistentes ao intemperismo.

Ocorrem na área duas classes de Latossolos: os Latossolos variação Una, que são dominantes, com percentagens médias a altas de Fe_2O_3 (11 a 25%) e os Latossolos Vermelho Amarelo com teores mais baixos desse elemento. Tal diferença é atribuída ao caráter mais básico de alguns granulitos, rocha responsável pela formação do material de origem dos Latossolos variação Una.

Os Podzólicos Vermelho Amarelo são representados por solos com horizonte B textural, não hidromórfico, argila de atividade baixa ou alta. Os perfis são bem diferenciados, com transições claras ou abruptas do A para o B, estrutura em blocos subangulares, textura do B_t argilosa a muito argilosa.

São normalmente profundos com sequência de horizontes A, B_t e C, moderadamente ácidos a ácidos, dominando os Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, com grau de saturação maior que 50%.

A fração argila desses solos é composta por minerais 1:1 e sesquióxidos de ferro; quantidade apreciável de minerais intemperizáveis é encontrada na massa do solo, funcionando como suprimento de bases.

Estes solos não apresentam cutãs de iluviação, como observado por Pessoa (1979), diferenciando-se dos Latossolos por aspectos estruturais do horizonte B diagnóstico.

O termo Cambissolo refere-se a solos com horizonte (B) incipiente ou câmbico, não hidromórfico, com pequena diferenciação de textura do horizonte A para o (B).

Apresentam sequência de horizontes A, (B), C e R, baixa relação textural, horizontes pouco diferenciados, baixa CTC, teores de minerais primários facilmente intemperizáveis altos e argilominerais do tipo 1:1.

Domina na área o Cambissolo Distrófico que compreende solos de textura argilosa ou muito argilosa, rasos a moderadamente profundos, moderado a fortemente ácidos, com baixa soma de bases trocáveis, baixa saturação de bases e argila de atividade baixa no horizonte (B). Os valores de K_i estão entre 1,30 e 1,83, valores estes considerados muito baixos para solos que apresentam minerais primários facilmente alteráveis na massa do solo.

São desenvolvidos de granulitos e verifica-se que o material de origem dos solos sofreu um retrabalhamento dentro da própria região.

Outro levantamento concernente a área e que, a semelhança daquele realizado pela EMBRAPA, utilizou a classificação brasileira de solo e publicou mapa exploratório na escala 1:1.000.000 foi realizado pelo Projeto Radambrasil - folha SD. 24-Salvador (1981). Nele, foram reconhecidas várias unidades de solos com uma maior riqueza de detalhes que o mapa da EMBRAPA; como neste, as principais classes de solos que entram na composição destas unidades são os Latossolos, Podz^olⁱcos e Cambissolos.

Nos limites da área estudada, ocorrem manchas de Mollisols (classificação americana) ou Brunizem (classificação brasileira) que não foram levadas em conta neste estudo por representarem o início de uma área com características ambientais, sobretudo climáticas, diversas daquelas da área estudada.

A formação e evolução dos minerais secundários constituintes dos solos da Região Cacaueira da Bahia e suas relações com as características e propriedades dos mesmos foi tema de estudos realizados por vários pesquisadores.

Moniz et al (1972) estudaram as fases iniciais da alteração sobre granulitos ácidos e básicos. O estudo da fração argila demonstrou ser a haloisita (7^oA) o principal argilomineral encontrado nos alteritos, seguindo-se em importância a montmorilonita. Além destes minerais, foi detectada a presença de goethita e de gibbsita subordinadamente.

A presença de montmorilonita, encontrada com certa frequência e às vezes associada a haloisita, levou os autores a levantarem 2 hipóteses: (i) o mineral forma-se-ia devido a uma possível condição local que permitiria a retenção de bases, criando um ambiente propício a sua formação; (ii) o minere

ral seria remanescente de materiais formados em clima pretérito, bem mais seco que o atual.

Conceição et al (1974) estudaram uma dezena de perfis do tipo A, B ou (B), B/C e R classificados como Alfisols e Entisols. Neles, a montmorilonita domina na base dos perfis, ocorrendo também pequena quantidade de caolinita desordenada segundo o eixo b, illita e goethita, sendo a gibbsita ausente. Nos horizontes A e B, a quantidade de caolinita desordenada aumenta ao mesmo tempo que ocorre diminuição da montmorilonita, embora esta permaneça dominante. Em todos os horizontes dos solos estudados, um teor importante de minerais primários não alterados foi detectado.

A oposição entre a natureza das argilas neoformadas dos solos jovens e as condições climáticas atuais foram explicadas pelos autores através de uma mudança radical das condições climáticas, em um passado relativamente próximo. De acordo com esta hipótese, a montmorilonita seria herança de um período climático mais árido que o atual. A pequena quantidade de caolinita destes solos seria o produto da pedogênese, após o clima ter-se tornado mais úmido.

A reconstituição da história da região seria a seguinte:

- erosão da maior parte dos solos ferralíticos no momento da instalação do clima mais seco;
- formação de solos com montmorilonita sobre as zonas desnudadas;
- aumento da pluviosidade e mudança no sentido da pedogênese em direção aos minerais do grupo da caolinita.

A existência de um paleoclima um pouco mais seco que o atual na área é defendida por Tricart (1959). Segundo ele,

as modificações foram sobretudo referentes à distribuição das chuvas do que à variação do seu total anual médio. Essa irregularidade seria responsável pela redução do domínio da floresta, acentuação da torrencialidade dos cursos d'água, aumento do escoamento, desnudação das vertentes, transporte de elementos grosseiros, enfim, ação preponderante da morfogênese em detrimento da pedogênese.

Rêgo (1977) estudando solos Podzólicos da área do CEPEC (Centro de Pesquisas do Cacau), com base em análises aos raios-X e ATD, identificou a presença de minerais haloisíticos, principalmente a haloisita ($7\text{\AA}$), amorfos de Si e Al, goethita e interestratificados B-V, estes presentes somente nos estágios iniciais da alteração.

Posteriormente, ao serem as amostras submetidas à análise por microscopia eletrônica, foi constatada, não a presença de haloisita mas de um material muito fino representado supostamente por caolinita com desordem ao longo do eixo b, cujos cristais apresentavam bordas enroladas, o que lhes conferia uma forma tubular.

Melo (1978) efetuou trabalho em Latossolos e Podzólicos desenvolvidos sobre granulitos no Município de Uruçuca e constatou a dominância de minerais a $7\text{\AA}$ (caolinita desordenada e haloisita) com presença de hidróxidos de Fe e Al na fração argila, concluindo pela existência na área de um processo de ferromossilitização.

Santa Isabel (1979) estudando Cambissolos, Podzólicos e Latossolos no Município de Uruçuca e proximidades, constatou a existência de minerais a $7\text{\AA}$, misturados a óxidos e hidróxidos de ferro compondo a fração argila dos solos mais desenvolvidos. Naqueles de menor desenvolvimento (caso dos Cambissolos e alguns Podzólicos) foram encontrados minerais 1:1 e 2:1, representados por haloisita ($7\text{\AA}$), interestratificados B-V, vermiculita, esmectita, além de goethita e amorfos.

O mesmo autor, realizou o estudo das diferentes formas de ferro nos solos, chegando às conclusões seguintes:

- a) os solos com cores brunas apresentam maior quantidade de ferro amorfo, enquanto os mais vermelhos são mais ricos em formas microcristalizadas (pseudo-goethita). As cores amarelas relacionam-se as formas bem cristalizadas do ferro (goethita macrocristalizada);
- b) os solos com dominância de haloisita (Cambissolos e Podzólicos) exibem formas amorfas fortes e os solos onde domina a caolinita bem cristalizada contém goethita (Podzólicos e Latossolos).

O estudo de Latossolos e Podzólicos desenvolvidos a partir de granulitos básicos e intermediários realizado por Pessoa et al (1980) nos Municípios de Uruçuca e Serra Grande mostrou que os principais minerais que constituem a fração argila dos solos são haloisita ($7\text{\AA}$), caolinita com ou sem desordem no eixo b, gibbsita e goethita. A haloisita, mineral mais abundante nos horizontes mais profundos, diminui de quantidade nos níveis mais superiores dos perfis, sendo comumente tubular, apesar de ter sido também identificada a forma glomerular. A caolinita com desordem no eixo b aparece mais abundantemente nos perfis derivados de granulitos intermediários; elas aumentam da base para os níveis mais superiores dos perfis, demonstrando sua origem a partir da hidrólise de outros filosilicatos. A gibbsita apresenta-se com boa cristalização, predominando nos horizontes superiores dos perfis originados de rochas básicas. Tal fato levou os autores a sugerirem sua formação não somente por hidrólise dos feldspatos, mas também por dessilicatização das caolinitas.

Os autores elaboraram um esquema da provável sequência evolutiva dos produtos de alteração dos granulitos (Figura 6). Nele, o material original, sob a ação dos agentes intempéricos, dá origem inicialmente a produtos intermediários.

FIG. 6 - ESQUEMA DA PROVÁVEL SEQUÊNCIA DA EVOLUÇÃO DOS PRODUTOS DA ALTERAÇÃO DE GRANULITOS EM ÁREA DE PODZÓLICOS E LATOSSOLOS (VARIAÇÃO UNA) NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA SEGUNDO PESSOA ET AL. (1980).

Estes, posteriormente evoluem para goethita microcristalizada (a dissolução seletiva não evidenciou presença de amorfos), gibbsita (proveniente da hidrólise de feldspatos) e argilominerais do tipo caolinita e haloisita. A hidrólise pode ainda atuar sobre certos argilominerais, solubilizando-os: a alumina e a sílica podem recombinar-se dando origem a caolinita ou ocorrer perda de silício com permanência da alumina sob forma de gibbsita.

Os autores verificaram o relacionamento entre o predomínio de haloisita ($7\text{\AA}$) e a estrutura moderada em blocos muito pequenos e pequenos angulares e subangulares, enquanto o predomínio da caolinita com ou sem desordem no eixo B e/ou gibbsita, relacionava-se com a estrutura ultrapequena granular, do tipo "pó-de-café". Foi também constatada a não existência de relação entre grau de flocculação e estrutura, apresentando-se as argilas bem flocculadas tanto nos horizontes óxicos como nos texturais.

CAPÍTULO II

MATERIAIS E TÉCNICAS DE ANÁLISES

1. MATERIAIS

Tendo como orientação básica estudar a alteração dos minerais primários e as paragêneses dela decorrentes sobre rochas granulíticas, assim como a pedogênese atuante sobre estes materiais, processou-se a escolha dos pontos de estudo baseada nas premissas seguintes:

- a) os materiais escolhidos para análises desenvolveram-se diretamente sobre rochas granulíticas ou foram provenientes da alteração dessas rochas com um posterior retrabalhamento;
- b) as amostragens foram efetuadas em terço superior ou médio de encostas, evitando-se as partes mais deprimidas do relevo e por conseguinte as neoformações por ele influenciadas;
- c) procurou-se amostrar os solos mais representativos da área e, quando possível, os seus perfis completos, ou seja, da superfície até a rocha alterada.

Como materiais, utilizou-se amostras de rochas inalteradas, alteradas, amostras de solo e amostras de solo indeformadas para estudos micromorfológicos.

Confeccionou-se 35 lâminas das quais 26 correspondiam a amostras indeformadas de solo e alteração e 9 de rochas inalteradas ou com alteração incipiente.

Foram coletados 6 perfis de solo, correspondendo a 3 Latossolos (HBA 4, 6 e 8), 2 Podzólicos (HBA 5 e 12) e 1 Cam

bissolo (HBA 1), perfazendo 66 amostras, além de 23 outras, avulsas.

Os Latossolos foram amostrados em maior número por 3 motivos principais: por serem os mais representativos da área, por se apresentarem em diferentes estádios de evolução e por existir uma diferenciação desses Latossolos de acordo com o seu teor em ferro.

No que se refere a classe dos Podzólicos, optou-se pela amostragem de 2 perfis que, após analisados, apresentaram valor V superior a 50% sendo classificados como Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico.

Tendo em vista a dominância na área de Cambissolos Distróficos sobre os Eutróficos, os quais apresentam uma grande uniformidade nas suas características, optou-se pela escolha de 1 perfil representativo da classe.

A **Figura 7** refere-se ao mapa de localização dos perfis e amostras avulsas coletadas, na área escolhida, para desenvolvimento da pesquisa.

Nas descrições detalhadas dos perfis (em anexo) adotou-se de maneira geral, as normas e definições constantes do Manual de Método de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; para descrição da cor dos solos, utilizou-se a Munsell Soil Color Charts.

2. TÉCNICAS DE ANÁLISES

As análises realizadas em laboratório visaram a caracterização física, química e mineralógica dos materiais estudados.

FIG. 7 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.

Sobre a terra fina seca ao ar ($\phi < 2$ mm) foram efetuadas determinações de umidade e os teores das diferentes frações granulométricas (argila, silte fino, silte grosso, areia fina e areia grossa), segundo metodologia de rotina do laboratório de análise de solo do Instituto de Geociências da USP.

Ainda sobre a TFSA foram realizadas as medidas de pH em água, pH em KCl, bases trocáveis, alumínio trocável, hidrogênio + alumínio trocáveis, carbono e nitrogênio, de acordo com os métodos de análise de solo utilizados na Seção de Agrogeologia do Instituto Agronômico de Campinas descritos por Nascimento (1969).

Além das análises de rotina foram ainda processadas algumas determinações específicas, como ferro livre (De Endredy, 1963), ferro total, amorfos (Segalen, 1968).

Antes de efetuar-se as análises mineralógicas, processou-se a separação das frações granulométricas da TFSA: a argila foi separada por centrifugação de acordo com metodologia descrita por Robert & Tessier (1974); o silte fino foi separado por sifonagem e as frações areia grossa, areia fina e silte grosso por peneiramento em via úmida.

Inicialmente a fração argila foi separada em duas partes: grossa e fina. Porém, tendo sido constatado que a composição dos argilominerais era a mesma em ambas as frações, passou-se a analisar a fração argila como um todo.

Sobre a fração argila foram realizadas as análises seguintes: difração de raios-X, análise termo diferencial, microscopia eletrônica à transmissão e análises químicas elementares (Si, Al, Mg e Fe) por microsonda eletrônica.

As lâminas delgadas de amostras de rochas foram estudadas em microscópio ótico polarizante. Amostras de solo e de

materiais alterados foram também observadas através de microscópio ótico, após confecção de lâminas delgadas de acordo com técnica descrita por Verbeke (1969).

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

1. OS LATOSSOLOS

1.1. Dados Morfológicos e Físicos

Foram estudados 3 perfis de Latossolos (HBA 4, HBA 6 e HBA 8) que apresentavam diferentes estádios de evolução, desenvolvidos sobre o produto de meteorização de granulitos in situ e/ou remanejado, todos localizados em terço superior de encosta.

São encontrados na **Tabela 1**, os dados referentes as propriedades físicas dos Latossolos e as suas relações granulométricas; aqueles referentes a morfologia dos perfis, estão contidos nas suas respectivas descrições, em anexo.

O Latossolo variação Una (HBA 4) apresentou o maior grau de desenvolvimento, com maior profundidade, maior número de horizontes e maior espessura destes. Com grande desenvolvimento, porém em grau menor que o HBA 4, encontra-se o Latossolo Vermelho Amarelo (HBA 8), vindo a seguir o HBA 6, o menos evoluído da classe e também classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

Todos os perfis apresentam sequência do tipo ABC, com o horizonte B iniciando-se a 34-40 cm, apresentando o horizonte B₂ várias subdivisões; o início do horizonte B₃ varia com os perfis: os mais evoluídos tem seu início a aproximadamente 400 cm e o menos evoluído a 165 cm.

Horizontes		Umidade (%)	Granulometria (%)					Relações Granulométricas			Matéria Orgânica			
Símbolo	Profundidade (cm)		Arg.	S.F.	S.G.	A.F.	A.G.	AF/AG	ST/Arg	SF/Arg.	M.O (%)	C(%)	N(%)	C/N
Perfil HBA 4 - Latossolo variação Una														
A ₁	0-15	8,0	70	3	2	12	12	1,00	0,07	0,04	2,93	1,7	0,14	12
A ₃	15-45	13,6	73	3	2	10	12	0,83	0,07	0,04	1,90	1,1	0,10	11
B ₁	45-70	14,0	73	4	2	9	12	0,75	0,08	0,05	1,38	0,8	0,06	13
B ₂₁	70-105	13,5	77	2	2	9	10	0,90	0,05	0,03	1,03	0,6	0,05	12
B ₂₂	105-180	14,0	80	2	2	8	8	1,00	0,05	0,03	0,69	0,4	0,05	8
B ₂₃	180-210	15,9	81	2	2	7	8	0,87	0,05	0,03	0,69	0,4	0,05	13
B ₂₄	210-280	14,0	79	4	2	7	8	0,87	0,08	0,05	0,17	0,1	0,03	13
B ₃	400	10,0	60	20	3	8	9	0,89	0,40	0,33	0,17	0,1	-	-
C ₁	1.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,1	-	-
C _{2a}	1.600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,1	-	-
C _{2v}	1.600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,1	-	-
Perfil HBA 8 - Latossolo Vermelho Amarelo														
A ₁	0-14	4,4	53	4	3	13	27	0,48	0,13	0,08	3,79	2,2	0,18	12
A ₃	14-35	6,9	68	4	3	10	15	0,67	0,10	0,06	1,72	1,0	0,10	10
B ₁	35-60	10,0	70	4	2	10	14	0,67	0,09	0,06	0,86	0,5	0,04	13
B ₂₁	60-120	8,9	70	2	2	11	15	0,73	0,06	0,03	0,69	0,4	0,03	13
B ₂₂	120-195	8,1	70	2	3	11	14	0,79	0,07	0,03	0,52	0,3	-	-
B ₂₃	195-230	9,6	70	3	2	10	15	0,67	0,07	0,04	0,34	0,2	-	-
B ₃	430	12,6	67	8	3	9	13	1,44	0,16	0,12	0,34	0,2	-	-
C ₁	530	8,8	56	11	4	11	18	0,61	0,27	0,20	0,34	0,2	-	-
C _{2v}	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,1	-	-
C _{2vc}	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,1	-	-
Perfil HBA 6 - Latossolo Vermelho Amarelo														
A ₁	0-20	3,8	42	4	3	17	34	0,50	0,17	0,10	4,48	2,6	0,20	13
A ₃	20-45	5,9	58	3	4	13	22	0,59	0,12	0,05	1,55	0,9	0,07	13
B ₁	47-70	5,2	58	3	3	13	23	0,57	0,10	0,05	1,03	0,6	0,05	12
B ₂₁	70-95	6,5	62	3	3	11	21	0,52	0,10	0,05	0,86	0,5	0,08	6
B ₂₂	95-135	6,3	66	3	3	10	18	0,56	0,09	0,05	0,69	0,4	0,05	8
B ₂₃	135-165	3,7	66	3	3	10	18	0,56	0,09	0,05	0,69	0,4	0,04	10
B ₃₁	165-270	3,5	57	8	4	10	21	0,48	0,21	0,14	0,34	0,2	-	-
B ₃₂	270-420	2,4	32	20	5	10	33	0,30	0,78	0,62	0,17	0,1	-	-
B ₃₃	420-520	2,3	30	33	9	8	20	0,40	1,40	1,10	0,00	0,0	-	-
C ₁	650	2,3	19	26	9	9	37	0,24	1,84	1,37	0,17	0,1	-	-
C ₂	700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,0	-	-

TABELA 1 - Dados Referentes a Umidade, Granulometria e Matéria Orgânica nos Latossolos.

A cor do horizonte superficial é idêntica nos 3 perfis, ou seja, bruno amarelado escuro com matiz 10 YR e valor e croma igual a 4. Os horizontes A_3 , B_1 e B_2 dos perfis HBA 6 e 8 apresentam cor bruno forte (matiz 7,5 YR) com valor variando entre 5 e 6 e croma entre 6 e 8; o perfil HBA 4 tem nesses horizontes coloração que varia de bruno amarelado (matiz 10 YR, valor 5 e croma 6). O horizonte B_3 , em todos os perfis, toma coloração predominantemente vermelha, ocorrendo sobretudo a cor vermelho amarelada (matiz 5 YR) com valor 5 e croma 6 e 8; ocorrem também nesse horizonte tonalidades vermelhas, matiz 10 YR, valor 6 e croma 3 e 4 (perfil HBA 6).

É generalizado em todos os perfis, nos horizontes C, a existência de pontuação branca, amarela ou mesmo vermelha, com diâmetro aproximado de 2 mm e que correspondem a materiais em vias de alteração.

Os comentários acima registrados referem-se a cor das amostras de solo quando úmidas.

Chama atenção no perfil HBA 4, a coloração amarelo olivácea (2,5 YR, valor e croma 6) apresentada no estado seco pelos horizontes que mostram cor bruno amarelada quando úmidos.

De maneira geral, os Latossolos da área apresentam uma estruturação semelhante ao longo dos perfis: no horizonte A_1 , a estruturação granular com tamanho pequeno a médio e grau de desenvolvimento moderado passa para uma estrutura subangular muito pequena a pequena de fraco grau de desenvolvimento no A_3 . Nos horizontes B_1 e B_2 , blocos subangulares de tamanho pequeno a médio ocorrem, com grau de desenvolvimento fraco a moderado. No horizonte B_3 a tendência geral é para a ocorrência de uma estrutura mais grosseira em blocos subangulares e um grau de desenvolvimento de moderado a forte.

Todos os perfis apresentam no horizonte B_2 textura muito argilosa, com teores de argila entre 62 e 81%. O empobrecimento em argila no horizonte A é comum, com diferença entre o horizonte A e B em torno de 20% para o HBA 6 e 8 e de 10% para o HBA 4, sendo este o perfil mais argiloso.

Em superfície, os perfis HBA 4, 6 e 8 apresentam-se com textura muito argilosa, argila e argila arenosa respectivamente. Neles, os teores de silte fino e silte grosso são baixos e equivalentes não chegando a ultrapassar 10% nos horizontes pedológicos.

Os teores de areia nos horizontes pedológicos são variáveis: o perfil HBA 4 apresenta os valores mais baixos, compreendidos entre 15 e 24%; o perfil HBA 6 (o mais arenoso dentre eles) mostra valores variando de 28 a 51%. Já o perfil HBA 8 tem seus teores entre 25 e 40%. Em todos os perfis os valores são sempre mais elevados para a areia grossa.

Nos horizontes B_3 e C dos perfis, percebe-se uma tendência geral para a diminuição da fração argila, aumento dos teores de silte e leve crescimento nos percentuais de areia, não ultrapassando estes, os valores dos horizontes superficiais, na maioria das vezes.

É perceptível uma correlação estreita entre a umidade e a textura dos perfis; como esta varia nos horizontes de um mesmo perfil e entre os perfis, os valores de umidade também sofrem oscilações como seja, crescendo ou decrescendo, quando ocorre o aumento ou diminuição dos teores da fração argila.

As relações granulométricas são artifícios utilizados para obtenção de informações que auxiliem na elucidação de problemas ligados aos fatores de formação dos solos e a sua evolução. Assim sendo, utiliza-se a relação Areia Fina/Areia Grossa como indicador de mudanças no material originário do solo através de variações bruscas nos seus valores.

Para os Latossolos da área, esta relação apresenta-se com fracas variações ao longo do perfil, principalmente nos horizontes A, B₁ e B₂. Nos horizontes B₃ e C a proximidade da rocha introduz pequenas oscilações que são insuficientes para afirmar-se a existência de mudanças no material de origem desses solos.

A relação Silte Total/Argila e Silte Fino/Argila é usada como indicador do grau de evolução dos solos. Os valores baixos encontrados nos horizontes A e B (executando o B₃) que são sempre inferiores a 0,17 indicam o alto grau de evolução desses solos. A faixa de variação nos perfis para a relação Silte Fino/Argila (variando de 0,03 a 0,05 no HBA 4, de 0,05 a 0,10 no HBA 6 e 0,03 a 0,08 no HBA 8) corrobora a classificação aqui efetuada para os Latossolos estudados no que diz respeito ao grau de desenvolvimento dos mesmos.

1.2. Dados Químicos

a) Complexo Sortivo e Matéria Orgânica

O complexo de troca dos Latossolos (Tabela 2) apresenta-se bastante dessaturado com o grau de saturação em bases não ultrapassando 18%, a exceção do horizonte A₁ do perfil HBA 6 (33%); os valores mais elevados correspondem em geral aos horizontes superficiais, excetuando-se, neste caso o perfil HBA 4, que tem os mais baixos valores em superfície.

Dentre os cátions básicos domina o Ca, vindo a seguir o Mg com valores um pouco mais baixos e finalmente o Na e o K, encontrados em quantidades ínfimas. Decorrente da distribuição desses cátions no perfil, o valor S é mais elevado em superfície (horizonte A) nos perfis HBA 6 e 8.

Os cátions ácidos aparecem preenchendo mais de 50% do complexo de troca, com predominância do hidrogênio, presen

Horizontes		pH			Complexo Sortivo (meq/100g)								Valor V (%)	Sat. Al (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T		
Perfil HBA 4 - Latossolo variação Una														
A ₁	0-15	4,4	4,0	-0,4	0,2	0,2	0,02	0,03	0,45	1,2	5,9	7,55	6	72
A ₃	15-45	4,6	4,3	-0,3	0,1	0,1	0,01	0,02	0,23	0,7	3,9	4,83	5	75
B ₁	45-70	4,8	4,8	0,0	0,3	0,1	0,06	0,02	0,48	0,1	2,9	3,48	14	17
B ₂₁	70-105	4,2	4,5	+0,3	0,3	0,1	0,01	0,03	0,44	0,4	3,4	4,24	10	48
B ₂₂	105-180	4,8	5,0	+0,2	0,3	0,1	0,01	0,02	0,43	0,0	3,4	3,83	11	0
B ₂₃	180-210	4,9	5,1	+0,2	0,3	0,2	0,01	0,02	0,53	0,0	3,1	3,63	15	0
B ₂₄	210-280	4,7	5,2	+0,5	0,1	0,1	0,01	0,02	0,23	0,0	2,6	2,83	8	0
B ₃	400	4,9	4,5	-0,4	0,1	0,1	0,01	0,03	0,24	0,4	2,0	2,64	9	63
C ₁	1.100	4,7	4,1	-0,6	0,1	0,2	0,01	0,02	0,33	1,0	1,5	2,83	12	75
C _{2a}	1.600	5,0	4,1	-0,9	0,2	0,2	0,01	0,01	0,42	1,0	1,8	3,22	13	70
C _{2v}	1.600	4,9	4,0	-0,9	0,1	0,3	0,01	0,03	0,44	2,0	0,0	2,44	18	82
Perfil HBA 8 - Latossolo Vermelho Amarelo														
A ₁	0-14	4,6	4,0	-0,6	0,6	0,6	0,02	0,04	1,26	1,2	5,9	8,36	15	49
A ₃	14-35	4,5	4,0	-0,5	0,3	0,3	0,08	0,02	0,70	1,1	3,7	5,50	13	61
B ₁	35-60	4,6	4,1	-0,5	0,2	0,2	0,04	0,03	0,47	1,0	3,0	4,47	11	68
B ₂₁	60-120	4,6	4,1	-0,5	0,2	0,1	0,02	0,03	0,35	0,9	2,6	3,85	9	72
B ₂₂	120-195	4,6	4,2	-0,4	0,2	0,1	0,01	0,03	0,34	0,8	2,4	3,54	10	70
B ₂₃	195-230	4,7	4,3	-0,4	0,2	0,1	0,01	0,03	0,34	0,6	2,0	2,94	12	64
B ₃	430	4,8	4,0	-0,8	0,2	0,1	0,06	0,03	0,39	1,6	1,8	3,79	10	80
C ₁	530	4,5	3,9	-0,6	0,2	0,1	0,01	0,03	0,34	2,8	1,9	5,04	7	89
C _{2v}	600	4,5	3,8	-0,7	0,2	0,1	0,01	0,04	0,35	5,0	1,1	6,45	5	93
C _{2vc}	600	4,4	4,0	-0,4	0,2	0,2	0,01	0,05	0,46	1,6	1,5	3,56	13	78
Perfil HBA 6 - Latossolo Vermelho Amarelo														
A ₁	0-20	4,9	4,2	-0,7	1,5	1,5	0,07	0,03	3,10	0,6	5,7	9,40	33	16
A ₃	20-45	4,4	3,9	-0,5	0,5	0,3	0,02	0,02	0,84	1,4	3,2	5,44	15	63
B ₁	45-70	4,5	4,0	-0,5	0,2	0,2	0,02	0,02	0,44	1,4	2,4	4,24	10	76
B ₂₁	70-95	4,6	4,0	-0,6	0,2	0,2	0,02	0,02	0,44	1,1	2,9	4,44	10	71
B ₂₂	95-135	4,6	4,1	-0,5	0,2	0,3	0,04	0,02	0,56	0,9	2,4	3,86	15	62
B ₂₃	135-165	4,6	4,0	-0,6	0,1	0,3	0,01	0,02	0,43	1,1	2,5	4,03	11	72
B ₃₁	165-270	4,5	3,9	-0,6	0,1	0,2	0,01	0,03	0,34	1,4	1,9	3,64	9	80
B ₃₂	270-420	4,2	3,8	-0,4	0,1	0,1	0,01	0,03	0,24	2,2	0,0	2,44	10	90
B ₃₃	420-620	4,2	3,9	-0,3	0,1	0,2	0,06	0,03	0,39	2,5	1,0	3,89	10	87
C ₁	650	4,5	3,9	-0,6	0,2	0,1	0,01	0,04	0,35	2,4	0,7	3,45	10	87
C ₂	700	4,5	3,9	-0,6	0,2	0,1	0,01	0,04	0,35	2,7	1,4	4,45	8	89

TABELA 2 - Dados Referentes ao pH e Complexo Sortivo nos Latossolos

te em grande quantidade nos horizontes superficiais. O alumínio domina nos horizontes de profundidade, onde a saturação do íon no complexo é em torno de 80%: os valores mais baixos são encontrados no perfil HBA 4, com ausência do íon em quase todo o horizonte B.

Refletindo a distribuição dos cátions ácidos e básicos, o pH dos solos, quando medido em água, apresenta valores ácidos, variando de 4,2 a 5,0. Em KCl, os valores são mais baixos, dando um ΔpH que varia de -0,3 a -0,9; o perfil HBA 4 é o único que mostra valores positivos que vão de 0,2 a 0,5 e que correspondem ao horizonte B₂.

A capacidade de troca desses solos varia de 2,44 a 9,40 meq/100g de solo, correspondendo os valores mais elevados ao horizonte A.

Os teores de matéria orgânica (Tabela 1) são médios em superfície, decrescendo em profundidade; os mais elevados são encontrados no perfil HBA 6 (4,48%) e os mais baixos no HBA 4 (2,93%), embora seja este perfil que apresente as taxas mais elevadas em profundidade (1% de matéria orgânica até 1 m de profundidade).

Tanto o carbono quanto o nitrogênio mostram a mesma distribuição dentro dos perfis, ou seja, teores decrescentes com a profundidade; a relação C/N varia de 6 a 13, com uma distribuição aleatória dentro dos perfis.

b) O Ferro e sua Distribuição nos Perfis (Tabela 3)

. O Ferro Total

O termo "*ferro total*" é usado para designar a totalidade do elemento ferro encontrado em um material dado, seja ele pertencente a um mineral primário, a um mineral secundário (cristalizado ou amorfo) ou a um complexo orgânico.

HORIZONTES		Fe Livre (%)	Fe Total (%)	Fe Livre/ Fe Total
SÍMBOLO	PROFUNDIDADE (cm)			
Perfil HMA 4 - Latossolo variação Una				
A ₁	0-15	9,29	15,73	0,59
A ₃	15-45	13,06	17,52	0,75
B ₁	45-70	13,16	18,02	0,73
B ₂₁	70-105	14,15	19,09	0,74
B ₂₂	105-180	12,20	20,09	0,61
B ₂₃	180-210	13,35	20,02	0,67
B ₂₄	210-280	12,49	19,31	0,65
B ₃	400	17,64	18,02	0,98
C ₁	1.100	10,87	10,87	1,00
C _{2a}	1.600	12,77	12,94	0,99
C _{2v}	1.600	-	-	-
Perfil HMA 8 - Latossolo Vermelho Amarelo				
A ₁	0-14	6,20	8,72	0,71
A ₃	14-35	8,59	10,51	0,82
B ₁	35-60	8,83	10,73	0,82
B ₂₁	60-120	7,82	10,87	0,72
B ₂₂	120-195	8,17	10,87	0,75
B ₂₃	195-230	8,29	10,51	0,79
B ₃	430	8,07	10,01	0,81
C ₁	530	10,83	12,08	0,90
C _{2v}	600	-	-	-
C _{2vc}	600	-	-	-
Perfil HMA 6 - Latossolo Vermelho Amarelo				
A ₁	0-20	5,05	6,58	0,77
A ₃	20-45	7,15	8,94	0,80
B ₁	45-70	7,28	8,94	0,81
B ₂₁	70-95	7,34	9,15	0,80
B ₂₂	95-135	8,20	9,80	0,84
B ₂₃	135-165	8,29	9,94	0,83
B ₃₁	165-270	8,01	9,37	0,85
B ₃₂	270-420	5,24	5,79	0,91
B ₃₃	420-520	7,95	8,79	0,90
C ₁	650	2,95	3,50	0,84
C ₂	700	5,57	6,08	0,92

TABELA 3 - Distribuição do Ferro Livre e Ferro Total nos Latossolos

O perfil HBA 4, que corresponde ao Latossolo variação Una, apresenta as taxas mais elevadas de ferro e mostra teores variando de 10,87 a 20,09% de Fe_2O_3 ; os teores mais elevados (18 a 20%) correspondem ao horizonte B, aqueles entre 15 e 18% ao horizonte A e os mais baixos (10 a 13%) ao horizonte C.

Os perfis HBA 6 e 8 (Latosolos Vermelho Amarelo) exibem teores intermediários de ferro. No HBA 8 esses valores oscilam entre 8,72 e 12,08%, correspondendo o mais baixo ao horizonte A₁; seguem-se valores com fracas variações no A₃ e de mais horizontes ($\sim 10,5\%$) aumentando um pouco no horizonte C ($\sim 12,0\%$).

O perfil HBA 6, o mais pobre em ferro entre os perfis estudados, tem seus teores variando entre 3,50 e 9,94% de Fe_2O_3 . Partindo do horizonte A ($\sim 6,5\%$), estes valores são crescentes em direção ao horizonte B, onde os mais altos valores são atingidos; a partir do B₃₂ eles sofrem decréscimo, variando de 3,50 a 8,79%.

. O Ferro Livre

O ferro, quando liberado dos minerais primários, por efeito da alteração, pode entrar em novas combinações, como a dos óxidos e hidróxidos amorfos e cristalizados, que conferem sua cor aos solos. Estas formas novas são denominadas de "ferro livre"; este termo, contudo, não tem o mesmo sentido para todos os pesquisadores. Adota-se aqui, aquele emitido por Segalen (1971) que considera ferro livre, aquele contido nos minerais secundários, onde o elemento faz parte de um óxido ou hidróxido, que pode apresentar-se sob forma cristalizada ou amorfa. Pode também incluir o ferro contido nas combinações orgânicas, que são geralmente edifícios pouco estáveis contendo quantidade muito fraca do metal.

O ferro livre no perfil HBA 4 varia entre 9,29 e 17,64%; o valor mais baixo é encontrado no horizonte A₁. Nos horizontes

tes A_3 , B_1 e B_2 ele oscila de 12,20 a 14,15; no B_3 é atingido o valor mais elevado e nos horizontes C os valores variam entre 10,87 e 12,77%.

O perfil HBA 6 apresenta 5,05% de Fe_2O_3 livre no horizonte A_1 ; nos horizontes subsequentes (A_3 , B_1 , B_2 e B_{31}) esses valores oscilam de 7,15 a 8,29%. Os demais horizontes (B_{32} , B_{33} e C) tem valores variando na faixa de 2,95 a 7,95%.

O perfil HBA 8 tem valores de ferro livre compreendidos entre 6,20 (A_1) e 10,83%; do horizonte A_3 até o C_1 os valores oscilam entre 7,82 e 8,83%. No horizonte C_2 o maior valor em ferro livre do perfil é atingido: 10,83%.

. A Relação Ferro Livre/Ferro Total e a Correlação Ferro Livre-Argila

Todos os perfis estudados apresentam relação Ferro Livre/Ferro Total elevada ($\geq 0,59$) e principalmente os perfis HBA 6 e HBA 8, cujos valores crescentes com a profundidade, são sempre iguais ou superiores a 0,71. O perfil HBA 4 não mostra uma relação com a profundidade mas tem nos horizontes de alteração valores bem elevados ($\sim 1,00$).

Analizando-se as curvas de Ferro Livre para os 3 Latossolos estudados e comparando-as com os teores de argila dos respectivos perfis (Figura 8), observa-se que os mais baixos valores em ferro livre são encontrados nos níveis superiores (horizonte A_1), correspondendo também aos teores mais baixos de argila dos perfis, excetuando-se os horizontes de alteração. Isto deve-se a um empobrecimento da fração argila na qual é encontrada a quase totalidade dos compostos de ferro de origem secundária, ou seja, o ferro livre. Nos horizontes de alteração a correlação teores de ferro livre-teores de argila é imperceptível.

FIG. 8 — CURVAS DOS TEORES DE ARGILA, FERRO LIVRE E FERRO TOTAL NOS LATOSSOLOS.

c) Cinética de Dissolução dos Elementos Fe, Al e Si

A técnica da dissolução sucessiva ácido-base preconizada por Segalen (1968) visando a identificação e a estimativa semi-quantitativa das substâncias amorfas foi utilizada em horizontes selecionados dos perfis estudados.

. Cinética da Dissolução do Ferro

As curvas cumulativas da dissolução do ferro para os Latossolos estão representadas na Figura 9.

Para o Latossolo variação Una (HBA 4) é perceptível a existência de 2 grupos de curvas:

- o primeiro grupo (A_1 , B_{22} e B_{24}) apresenta uma fraca inclinação, ou seja, exibe uma forma que corresponde a dissolução muito lenta dos compostos de ferro, caracterizando a presença de substâncias bem cristalizadas; chama a atenção a lentidão dessa dissolução, principalmente para os horizontes B_{22} e B_{24} , desde que amostras contendo respectivamente 12,20 e 11,15% de ferro livre tiveram, após as 8 extrações com HCl 8N, a retirada de 5,25 e 5,93% de Fe_2O_3 o que corresponde a 43 e 53% do ferro livre contido na amostra;
- o outro grupo de curvas, referente aos horizontes B_3 , C_1 e C_2 não apresenta inclinações fortes nas suas partes iniciais mas, a partir da segunda extração (B_3 e C_2) e quarta extração (C_1) percebe-se um aumento nos teores de ferro extraído, atingindo no final das oito extrações 74, 75 e 94% do ferro livre. Apesar da ausência de amorfos, percebe-se uma diminuição do grau de cristalinidade dos produtos ferruginosos nestes níveis quando comparado aquele dos materiais presentes nos horizontes do grupo anterior.

As curvas de dissolução do ferro para o perfil HBA 8 mostram entre si a mesma conformação, ou seja, demonstram uma dissolução lenta dos compostos de ferro, não indicando em ne

FIG. 9 - CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DO FERRO NOS LATOSSOLOS.

num momento, a presença de ferro facilmente extraível. Ressalta-se tão somente, a maior facilidade de dissolução dos compostos de ferro no material do horizonte B₃₂, em relação àqueles dos horizontes B₂₂ e B₂₃.

Para o perfil HBA 6, as curvas mostram que nos horizontes B₃₁ e C₂ ocorre a existência de formas facilmente extraíveis, logo no primeiro ataque. A curva referente ao horizonte C₂ indica a presença de ~ 2,8 de Fe₂O₃ amorfo. O patamar de estabilidade da dissolução é atingido a partir da 5a. extração e já na 8a. quase que a totalidade do ferro livre foi extraído (5,4% de um total de 5,5%). Isto indica a existência de formas do ferro, além do amorfo, de fácil extração, ou seja, de baixo grau de cristalinidade. Para os horizontes B₂₂ e B₃₁ os teores de ferro extraídos foram menores que o C₂ porém a presença de 1,3% de Fe₂O₃ amorfo no B₃₁ foi detectada.

. Cinética da Dissolução do Alumínio

O alumínio foi dosado nas soluções ácidas e alcalinas. De maneira geral, o extrato ácido apresentou concentrações mais baixas do elemento que o extrato básico. Os valores totais (Al no extrato ácido + Al no extrato básico) oscilaram entre 4,79 e 7,49% de Al₂O₃.

Todas as curvas apresentaram a mesma conformação (**Figura 10**) mostrando uma dissolução lenta e gradual dos compostos aluminosos e consequentemente a ausência de produtos aluminosos amorfos. Em todos os perfis, nos horizontes onde a gibbsita se faz presente, houve maior liberação de alumínio nas 16 extrações.

Cinética da Dissolução da Sílica

A sílica foi dosada nas soluções alcalinas, mostrando valores que variam de 2,02 a 6,17% de SiO₂ nos 8 tratamentos.

Todas as amostras forneceram curvas (**Figura 11**) sem nenhuma inflexão, que passam pela origem. Comumente, os teores mais elevados correspondem aos horizontes superficiais.

FIG. 10 — CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DO ALUMÍNIO NOS LATOSSOLOS.

FIG. 11 - CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DA SÍLICA NOS LATOSSOLOS.

1.3. Conclusões

Foram estudados 3 perfis de solo apresentando diferentes estádios de desenvolvimento (HBA 4 > HBA 8 > HBA 6); são caracterizados por apresentarem cores bruno amareladas nos horizontes pedológicos e avermelhadas nos horizontes de alteração, estrutura granular no horizonte A que passa a blocos subangulares no B; a textura é sempre muito argilosa havendo um empobrecimento em argila no horizonte A.

A relação granulométrica silte/argila indica o alto grau de evolução desses solos; a relação areia fina/areia grossa mostrou-se insuficiente para afirmar-se a existência de remanejamentos na área de ocorrência desses solos.

Quimicamente, são solos dessaturados, com pH ácido, onde a presença de matéria orgânica faz aumentar um pouco a CTC em superfície; no horizonte B₂ a CTC, quando calculada para 100 g de argila, oscila entre 4 e 7 meq. Os teores da matéria orgânica são médios e decrescentes com a profundidade.

O perfil HBA 4 apresenta teores elevados de ferro total, daí sua classificação como Latossolo variação Una; os Latossolos Vermelho Amarelo (HBA 8 e HBA 6) apresentam teores médios do elemento. Os teores de ferro livre, quando relacionados aos de ferro total, são elevados, o que ocasiona uma relação Ferro Livre/Ferro Total alta, principalmente nos horizontes de alteração; nos horizontes pedológicos do perfil HBA 4 são encontrados os valores mais baixos desta relação.

Nos 3 perfis estudados não foi detectada a presença de amorfos de Si e Al; no que se refere a amorfos de ferro, tem-se a sua presença nos horizontes B₃ e C do perfil HBA 6. Apesar da não existência de produtos ferruginosos amorfos nos perfis HBA 4 e 8, percebe-se a presença de compostos com diferentes graus de cristalinidade sendo esta crescente em direção a superfície do solo.

2. OS PODZÓLICOS

Foram escolhidos 2 perfis desta classe observando-se de início, o grau de desenvolvimento dos mesmos; posteriormente percebeu-se que, além da diferenciação no grau de desenvolvimento, o perfil HBA 12, o mais jovem dentre eles, apresentava tendência a uma pequena distrofia.

2.1. Dados Morfológicos e Físicos

Os dados morfológicos encontram-se no final do texto, em anexo, e os físicos estão contidos na Tabela 4.

Os solos estudados apresentam-se medianamente profundos, com o horizonte B₃ iniciando-se a 85 e 120 cm; apresentam sequência do tipo ABC, com poucas subdivisões no horizonte B que tem início a 21 e 30 cm.

O horizonte C do perfil HBA 5 tem grande espessura e apresenta-se com diferentes graus de alteração em um mesmo nível, decorrente da diversidade mineralógica apresentada pela rocha.

Ambos os perfis contêm elementos grosseiros na massa do solo, sendo estes bem mais numerosos e de maior diâmetro no perfil HBA 12.

Os 2 perfis estudados apresentam cores brunadas em superfície (matiz 10 YR) com valores variando entre 3 e 5 e croma entre 2 e 4. O horizonte B tem cores vermelho amarelada (matiz 5 YR) com valores entre 4 e 5 e croma entre 6 e 7. Domina nos horizontes de alteração a cor vermelho amarelada, matiz 5 YR e valor e croma 5 e 8 respectivamente. É comum a presença de pontuação pequena de cores variegadas a partir do horizonte B₃ (HBA 5) e B₂ (HBA 12).

A estrutura dos perfis tem forma idêntica, granular no horizonte A e em blocos subangulares no horizonte B e praticamente o mesmo grau de desenvolvimento (moderado). As variações dizem respeito tão somente ao tamanho, com os maiores agregados acontecendo no perfil HBA 12.

Horizontes		Umidade (%)	Granulometria (%)					Relações Granulométricas			Matéria Orgânica			
Símbolo	Profundidade (cm)		Arg.	S.F.	S.G.	A.F.	A.G.	AF/AG	ST/Arg	SF/Arg	M.O.(%)	C(%)	N(%)	C/N
Perfil HBA 5 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico														
A ₁	0-30	12,0	31	12	6	20	31	0,65	0,58	0,38	3,10	1,8	0,16	11
A ₃ /B ₁	30-55	11,2	46	14	5	14	21	0,67	0,41	0,30	1,72	1,0	0,09	11
B ₂₁	55-80	17,7	67	14	5	6	8	0,75	0,28	0,21	1,03	0,6	0,07	9
B ₂₂	80-120	18,0	58	15	6	8	13	0,62	0,36	0,26	0,69	0,4	0,06	7
B ₃	120-160	18,4	50	22	9	12	7	1,71	0,62	0,44	0,52	0,3	-	-
C ₁	160-220	15,1	50	31	7	9	3	3,00	0,76	0,62	0,52	0,3	-	-
C ₂	260-280	15,0	49	30	9	9	3	3,00	0,80	0,61	0,35	0,2	-	-
C ₃	300	11,6	47	31	10	9	3	3,00	0,87	0,66	0,35	0,2	-	-
C ₄	380	10,8	37	29	6	12	17	0,70	0,92	0,76	0,35	0,2	-	-
C ₅	410	9,8	28	23	7	16	16	1,00	1,07	0,82	0,35	0,2	-	-
Perfil HBA 12 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico														
A ₁	0-10	6,0	29	13	6	17	35	0,49	0,66	0,45	5,52	3,2	0,34	9
A ₃	10-21	6,7	36	13	6	14	31	0,45	0,53	0,36	2,41	1,4	0,17	8
B ₁	21-35	10,2	65	12	5	7	11	0,63	0,26	0,18	1,72	1,0	0,11	9
B ₂₁	35-62	11,8	71	15	5	5	4	1,25	0,28	0,21	1,21	0,7	0,09	8
B ₂₂	62-85	11,9	62	20	7	8	3	2,67	0,44	0,32	0,86	0,5	0,05	10
B ₃	95	12,4	49	22	8	10	11	0,90	0,61	0,45	0,52	0,3	-	-
C	150	9,8	20	17	11	18	34	0,53	1,40	0,85	0,17	0,1	-	-

TABELA 4 - Dados Referentes a Umidade, Granulometria e Matéria Orgânica nos Podzólicos

Os Podzólicos estudados apresentam textura franco argilo arenosa no horizonte A_1 . No perfil HBA 12, o horizonte A_3 mostra textura franco argilosa e muito argilosa no B_1 e B_2 ; a partir deste, a textura torna-se mais grosseira no B_3 e C, apresentando-se da classe argila e franco argilo arenosa respectivamente. O perfil HBA 5 mostra textura da classe argila no A_3/B_1 e muito argilosa no B_{21} ; a partir do nível seguinte e nos posteriores domina a classe textural argila.

Os teores de argila, como inferido através da observação das classes de textura, crescem em direção ao B_2 onde ultrapassa 60%, decrescendo a seguir com a aproximação dos horizontes de alteração. Os teores de silte são médios (entre 17 e 27%) nos horizontes pedológicos, crescendo nos horizontes de alteração, quando oscilam entre 28 e 41%. Os teores de silte grosso são sempre mais baixos que os de silte fino. Os teores de areia variam bastante, tanto entre os perfis como dentro os horizontes de um mesmo perfil. Os totais da fração oscilam entre 9 e 52% no HBA 12 e entre 12 e 51% no HBA 5. Tanto os teores de areia fina como os da grossa decrescem em direção ao horizonte B, voltando a aumentar nos horizontes de alteração.

As taxas de umidade acompanham, de maneira geral, o aumento e decréscimo dos teores de argila. São mais elevadas no HBA 5, onde variam de 9,8 a 18,4%; no HBA 12 vão de 6,0 a 12,4%.

Os valores da relação Areia Fina/Areia Grossa oscilam bastante no perfil HBA 5: até o horizonte B_{22} eles variam de 0,62 a 0,75; nos horizontes subsequentes, eles são geralmente mais elevados (0,70 a 3,00) e sem uma organização de acordo com a profundidade. Este fato parece ligado as modificações mineralógicas da rocha, possibilitando a existência de materiais com diferentes graus de alteração, independente da profundidade. No perfil HBA 12, os valores tem uma distribuição correlacionada com a profundidade: são mais baixos em superfície, crescem no horizonte B e voltam a baixar no B_3 e C, variando ao longo do perfil de 0,45 a 2,67.

As relações Silte Total/Argila e Silte Fino/Argila apresentam a mesma distribuição para ambos os perfis: os valores, relativamente baixos nos horizontes superficiais, sofrem decréscimo no B e os mais altos valores são atingidos no horizonte C. Para a relação Silte Total/Argila, os valores vão de 0,26 a 1,40 com fracas diferenciações entre os perfis, fato também percebível para a relação Silte Fino/Argila, onde os valores oscilam de 0,18 a 0,85.

2.2. Dados Químicos

a) Complexo Sortivo e Matéria Orgânica

O complexo sortivo dos Podzólicos estudados (dados contidos na **Tabela 5**) apresentam algumas diferenciações: no perfil HBA 5 o grau de saturação é superior a 50% nos horizontes pedológicos e mostra nos horizontes de alteração um complexo sortivo onde, em geral, menos de 50% dos sítios de troca estão ocupados pelas bases. No perfil HBA 12, os horizontes, com exceção do B₂₂ e C, apresentam uma ligeira distrofia.

Entre os cátions básicos, domina no complexo desses solos, o Mg que aumenta com a profundidade, vindo a seguir o Ca que mostra fracas variações no perfil. O K e o Na são encontrados em quantidades bem menores, sobretudo o K o qual aparece mais concentrado em superfície, ao contrário do Na cujos teores crescem em profundidade.

Os cátions ácidos, Al e H, tem distribuição inversa nos perfis, com o Al crescendo em profundidade e o H em superfície. A saturação em Al é maior no horizonte C do perfil HBA 5 onde chega a atingir 56%.

O pH desses solos é ácido, variando de 4,8 a 5,8 com os maiores valores correspondendo aos horizontes mais profundos do perfil HBA 12. O ΔpH é sempre negativo e varia de 0,8

Horizontes		pH			Complexo Sortivo (meq/100g)								Valor V (%)	Sat. Al (%)	
Símbolo	Profundidade (cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T			
Perfil HBA 5 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico															
A ₁	0-30	5,4	4,4	-1,0	2,8	2,4	0,32	0,04	5,56	0,2	4,2	9,96	56	3	
A ₃ /B ₁	30-55	5,4	4,5	-0,9	3,6	3,4	0,03	0,04	7,07	0,3	2,9	10,27	69	4	
B ₂₁	55-80	5,3	4,2	-1,1	3,0	5,2	0,02	0,05	8,27	0,8	2,3	11,37	73	9	
B ₂₂	80-120	5,2	4,0	-1,2	2,0	6,0	0,02	0,06	8,08	1,5	2,9	12,48	65	16	
B ₃	120-160	5,1	3,8	-1,3	0,7	5,7	0,02	0,06	6,48	2,7	2,5	11,68	55	29	
C ₁	160-220	4,8	3,7	-1,1	1,0	5,3	0,02	0,06	6,38	4,9	2,9	14,18	45	43	
C ₂	260-280	4,9	3,8	-1,1	1,5	4,1	0,02	0,06	5,68	4,1	2,8	12,58	45	42	
C ₃	300	5,0	3,7	-1,3	0,3	4,1	0,02	0,08	4,50	5,7	1,9	12,10	37	56	
C ₄	380	5,0	3,5	-1,5	1,6	8,0	0,03	0,14	9,77	10,4	1,0	21,17	46	52	
C ₅	410	5,0	3,5	-1,5	4,8	9,6	0,04	0,14	14,58	8,1	1,5	24,18	60	36	
Perfil HBA 12 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico															
A ₁	0-10	5,0	4,2	-0,8	2,9	3,2	0,49	0,05	6,64	0,6	6,5	13,74	48	8	
A ₃	10-21	5,0	3,9	-1,1	1,4	1,9	0,07	0,05	3,42	1,4	4,2	9,02	38	29	
B ₁	21-35	5,0	3,9	-1,1	1,4	2,6	0,04	0,06	4,10	2,3	3,7	10,10	41	36	
B ₂₁	35-62	5,1	3,9	-1,2	1,2	3,9	0,03	0,08	5,21	2,4	3,3	10,91	48	32	
B ₂₂	62-85	5,3	3,8	-1,5	1,1	6,2	0,02	0,10	7,42	2,6	4,2	14,22	52	26	
B ₃	95	5,5	3,8	-1,7	2,1	0,6	0,01	0,22	2,93	2,3	3,5	8,73	34	15	
C	150	5,8	4,1	-1,7	2,2	12,6	0,02	0,29	15,11	0,5	2,7	18,31	83	3	

TABELA 5 - Dados Referentes ao pH e Complexo Sortivo nos Podzólicos

a 1,7 com os valores mais elevados relacionando-se aos horizontes de alteração.

A CTC varia bastante nos perfis (9 a 24 meq/100g de solo), com os valores mais elevados ocorrendo em profundidade.

O perfil HBA 12 mostra teores elevados de matéria orgânica (Tabela 4) no horizonte A₁ (5,5%), decrescendo nos horizontes subsequentes, embora a 60 cm de profundidade esta taxa seja ainda superior a 1%. No perfil HBA 5 os teores ficam em torno de 3% em superfície e mostra valores superiores a 1% até 80 cm de profundidade. Os teores de C e N são decrescentes com a profundidade e a relação C/N varia de 7 a 11 nos perfis.

b) O Ferro e sua Distribuição nos Perfis (Tabela 6)

Os teores de ferro total nos Podzólicos da área são elevados variando de 8,04 a 17,45% com pequenas variações entre os dois perfis. Os valores mais baixos são encontrados em superfície; um aumento é verificado no horizonte B e um ligeiro decréscimo no C. Esta distribuição é verificada sobretudo no perfil HBA 12; para o HBA 5, o ferro total apresenta oscilações no horizonte C que se devem as modificações na composição mineralógica da rocha com zonas mais básicas próximas a outras de composição mais ácidas.

Os Podzólicos estudados apresentam a mesma distribuição de ferro livre nos perfis, como seja: valores mais baixos em superfície, aumento no horizonte B e decréscimo no C. No horizonte A estes valores oscilam entre 6,77 e 8,96%, no B de 11,29 a 14,11 e no C de 5,66 a 12,39%.

Os dois perfis apresentam a mesma distribuição para os valores da relação Fe livre/Fe total; os mais baixos são encontrados nos horizontes de superfície (A), os mais altos são atingidos nos horizontes B e um decréscimo no horizonte C

HORIZONTES		Fe Livre (%)	Fe Total (%)	Fe Livre/ Fe Total
SÍMBOLO	PROFUNDIDADE (cm)			
. Perfil HBA 5 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico				
A ₁	0-30	7,34	11,94	0,61
A ₃ /B ₁	30-55	8,96	13,59	0,66
B ₂₁	55-80	11,29	14,87	0,76
B ₂₂	80-120	11,50	14,30	0,80
B ₃	120-160	13,30	16,45	0,80
C ₁	160-220	12,39	15,66	0,79
C ₂	260-280	10,11	13,23	0,76
C ₃	300	5,66	8,04	0,70
C ₄	380	9,38	14,16	0,66
C ₅	410	7,53	11,41	0,66
. Perfil HBA 12 - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico				
A ₁	0-10	6,77	12,01	0,56
A ₃	10-21	8,77	13,59	0,65
B ₁	21-35	12,20	16,09	0,76
B ₂₁	35-62	13,25	17,23	0,77
B ₂₂	62-85	14,11	17,09	0,83
B ₃	95	12,97	17,45	0,74
C	150	12,36	17,09	0,72

TABELA 6 - Distribuição do Ferro Livre e Ferro Total nos Podzólicos

é verificado. No perfil HBA 5 esta relação varia de 61 a 80 e no perfil HBA 12 de 57 a 83. Ela pode ser considerada elevada, já que se trata de perfis medianamente desenvolvidos; percebe-se que, apesar de tratar-se de solos relativamente jovens, a alteração é muito eficiente, atacando sobremaneira os minerais contendo ferro e libertando o elemento que passa a compor o chamado ferro livre do solo. Parte do ferro total contido no material é representado por grãos de magnetita como de mostrado pelas análises micromorfológicas.

No que se refere a correlação ferro livre-argila desses solos (Figura 12) percebe-se que, de maneira geral, existe um aumento do ferro livre naqueles horizontes onde o teor de argila é mais elevado.

c) Cinética da Dissolução dos Elementos Fe, Al e Si

. Cinética da Dissolução do Ferro

A Figura 13 representa as curvas da dissolução seletiva do ferro para os Podzólicos estudados.

As curvas obtidas para o perfil HBA 5, com exceção da aquela referente ao horizonte A_1 , mostram além da presença de substâncias cristalizadas, a existência de amorfos de ferro o que é indicado pela forte inclinação nas suas partes iniciais. A quantidade de Fe_2O_3 amorfo extraído está situada na faixa de 1 a 3%, com os valores mais baixos (< 1%) referindo-se aos horizontes C_3 , C_5 e B_{21} ; os valores mais elevados (1 e 3%) correspondem aos horizontes B_3 e C_1 respectivamente.

O horizonte A_1 não denuncia a presença de amorfos de ferro, contendo somente a fase cristalizada; esta, ao que tudo indica, não apresenta um alto grau de cristalização, desde que de uma taxa de 7,34% de ferro livre, foi extraído nos oito ataques, um total de 7,06% de Fe_2O_3 .

HBA 5

ARGILA (%) ○—○
 FERRO LIVRE (% Fe_2O_3) Δ—Δ
 FERRO TOTAL (% Fe_2O_3) ●—●

HBA 12

FIG. 12 - CURVAS DOS TEORES DE FERRO LIVRE, FERRO TOTAL E ARGILA NOS PODZÓLICOS.

FIG. 13 - CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DO FERRO NOS PODZÓLICOS.

Para o perfil HBA 12, as curvas obtidas mostram configuração idêntica, com indicação da presença de substâncias amorfas, cujos teores de ferro variam de 1 a 2%. Nas 8 extrações ácidas, grande parte do ferro livre das amostras foi dissolvido, ou seja, 11 e 12% de um total de 12 e 14%.

. Cinética da Dissolução do Alumínio

Para o perfil HBA 5, os teores de alumínio extraído nos 16 tratamentos, variaram de 3,5 a 6,2% com as maiores taxas de extração correspondendo aos horizontes B₂₁ e B₃. Em nenhum nível deste perfil as curvas mostraram indícios da presença de substâncias amorfas.

O perfil HBA 12 acusa valores mais elevados de Al₂O₃ extraído em relação ao HBA 5 (**Figura 14**) mas também não indica a ocorrência de substâncias amorfas.

. Cinética da Dissolução da Sílica

Os teores de sílica extraídos nas amostras dos 2 perfis mostraram variações: no perfil HBA 5 esses teores foram mais baixos, oscilando entre 2,6 e 4,9% de SiO₂; no perfil HBA 12, os valores corresponderam a 6,2 e 9,4%. As curvas obtidas nos 2 perfis de solo mostram a mesma inflexão, com exceção do horizonte C do perfil HBA 12, a qual diferentemente das demais, indica a presença de 1% de SiO₂ de fácil extração, o que corresponde a presença de substâncias amorfas (**Figura 15**).

2.3. Conclusões

Estudou-se 2 perfis de solo classificados como Podz^olicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutr^ofico com o perfil HBA 5 apresentando maior grau de desenvolvimento que o HBA 12.

FIG. 14 - CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DO ALUMÍNIO NOS PODZÓLICOS.

FIG. 15 - CURVAS CUMULATIVAS DA DISSOLUÇÃO SELETIVA DA SÍLICA NOS PODZÓLICOS.

As cores desses solos são brunadas em superfície e vermelho amarelada nos horizontes B e C; a estrutura é granular no horizonte A₁ e subangular no horizonte A₃ e no B. A textura de franco argilo arenosa no A passa a muito argilosa no B, pertencendo o horizonte C a classe textural argila.

A relação granulométrica Areia Fina/Areia Grossa não aponta em direção a existência de diferentes materiais dando origem a esses solos e a relação silte total/argila, assim como silte fino/argila, indica um estágio de desenvolvimento não tão avançado para eles.

Quimicamente são classificados como solos eutróficos embora uma fraca distrofia seja encontrada nos horizontes superiores do perfil HBA 12; o pH é ácido e a CTC nos horizontes B₂ fica entre 15 e 23 meq/100g de argila.

O perfil HBA 12 é mais rico em matéria orgânica que o HBA 5, embora este apresente taxas superiores a 1% até 80 cm de profundidade.

A distribuição do ferro livre e do ferro total obedece a mesma sequência dentro dos perfis: teores baixos em superfície que crescem no B e decrescem no C; a relação Ferro Livre/Ferro Total é elevada, principalmente nos horizontes B.

A presença de amorfos de Fe é detectada em ambos os perfis, sobretudo nos horizontes mais profundos; o alumínio não forma compostos amorfos, ao contrário do Si, que apresentou taxa de 1% de SiO₂ amorfa no horizonte C do perfil HBA 12.

3. CAMBISSOLO

Foi estudado um perfil classificado como Cambissolo Distrófico, desenvolvido sobre material remanejado e material proveniente de alteração in situ; sua localização é em terço superior de encosta.

3.1. Dados Morfológicos e Físicos

O perfil estudado (descrição em anexo) apresenta sequência de horizontes do tipo A(B)C, poucas subdivisões no horizonte (B) e horizonte B₃ iniciando-se a 75 cm de profundidade. A partir do horizonte B₃₂, ocorre a existência de cascalho e calhaus na massa do solo, provenientes da alteração da rocha. Este é portanto, o horizonte que marca a transição entre os dois materiais de origem desse solo.

Pode-se considerar este perfil como medianamente profundo, embora seu grau de desenvolvimento seja fraco.

O perfil apresenta uma grande homogeneidade na sua coloração: a cor bruno amarelado escura domina em quase toda sua extensão (10 YR 4/4), com ligeira variação no valor que é mais baixo em superfície (10 YR 3/4). A partir do horizonte B₃₂, blocos rochosos sofrendo alteração mostram-se recobertos por crosta intemperizada de cor vermelho amarelada (5 YR 5/8). É comum nestes níveis a existência de pontuação pequena de cor branca, vermelha e preta.

A estrutura, em geral com fraco grau de desenvolvimento, é pequena a média subangular, apresentando aspecto maciço poroso no horizonte B₁ e B₂. Em superfície, a atuação da matéria orgânica propicia a existência de estrutura granular moderadamente desenvolvida.

A classe textural dominante no solum é a argila, com exceção do horizonte A₁ que se apresenta franco argilo arenoso; no horizonte C os diferentes níveis mostram as duas classes texturais citadas. Os teores de argila são ligeiramente mais elevados no horizonte B, com decréscimo no C, enquanto o silte grosso pouco varia ao longo do perfil e o silte fino sofre ligeiro aumento nos seus teores com a profundidade. Os teores desta fração (silte) estão sempre próximo de 20%. A fra

ção areia fina sofre decréscimo com a profundidade, enquanto a areia grossa decresce no B e mostra tendência ao crescimento no horizonte C.

Uma correlação entre a textura e a umidade do perfil é perceptível, com aumento dos teores desta nos níveis onde ocorre maior riqueza da fração argila; nota-se porém, que nos horizontes de alteração o aumento dos teores de umidade é por demais elevado, quando relacionado ao aumento da percentagem de argila. Os dados relativos a granulometria e umidade desse solo estão contidos na **Tabela 7**.

A relação Areia Fina/Areia Grossa apresenta-se crescente no perfil até o horizonte B₃₁; a partir do B₃₂ percebe-se uma queda nos valores desta relação, o que parece indicar uma mudança no material de origem desses solos.

As relações Silte Total/Argila e Silte Fino/Argila são baixas no solum, com os valores crescendo em profundidade; a relação Silte Fino/Argila é, nos horizontes A e B (excção do A₁), próxima daquela apresentada pelos Podzólicos (solos medianamente desenvolvidos), o que corrobora a idéia de um material já alterado sujeito a um processo de remanejamento como origem dos horizontes mais superiores deste solo.

3.2. Dados Químicos

a) Complexo Sortivo e Matéria Orgânica

O complexo sortivo desse solo (**Tabela 7**) apresenta-se com uma distrofia em grau elevado ($V \leq 23\%$), exceção feita ao horizonte A₁, onde a presença da matéria orgânica ocasiona maior concentração de cátions básicos e V igual a 44%.

Dentre os cátions básicos domina o Mg, com valores ligeiramente crescentes em profundidade; a seguir, tem-se a

Horizontes		Unidade (%)	Granulometria (%)					Relações Granulométricas			Matéria Orgânica			
Símbolo	Profundidade (cm)		Arg.	S.F.	S.G.	A.F.	A.G.	AF/AG	ST/Arg	SF/Arg	M.O.(%)	C%	N%	C/N
A ₁	0-6	4,0	31	12	7	17	33	0,52	0,61	0,36	3,10	1,8	0,13	14
A ₃	6-25	7,2	44	10	7	16	23	0,70	0,39	0,23	1,03	0,6	0,06	10
B ₁	25-45	7,2	42	12	7	17	22	0,77	0,45	0,29	0,86	0,5	0,05	10
B ₂	45-75	6,8	41	12	8	17	22	0,77	0,49	0,29	0,69	0,4	0,05	8
B ₃₁	75-95	7,5	44	13	7	18	18	1,00	0,45	0,30	0,69	0,4	0,05	8
B ₃₂	95-110	6,5	45	12	7	15	21	0,71	0,42	0,27	0,86	0,5	0,07	7
II C ₁	110-130	7,3	41	14	7	12	26	0,46	0,51	0,34	0,69	0,4	0,05	8
II C ₂	130-165	7,4	32	13	6	13	36	0,36	0,59	0,41	0,52	0,3	0,05	6
II C ₃	165	12,5	46	13	6	11	24	0,46	0,41	0,28	0,69	0,4	0,05	8
II C ₄	200-210	3,5	21	17	6	13	43	0,30	1,10	0,81	0,35	0,2	-	-

. Dados Físicos - Umidade e Granulometria

Horizontes	pH			Complexo Sortivo (meq/100g)								Valor V (%)	Sat. Al (%)
	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T		
A ₁	4,9	4,0	-0,9	1,5	1,6	0,50	0,04	3,64	0,7	4,0	8,34	44	16
A ₃	4,6	3,7	-0,9	0,4	0,4	0,07	0,03	0,90	2,9	2,7	6,50	14	76
B ₁	4,6	3,7	-0,9	0,3	0,3	0,03	0,02	0,65	2,8	2,3	5,75	11	81
B ₂	4,6	3,7	-0,9	0,2	0,4	0,01	0,03	0,64	3,0	2,0	5,64	11	82
B ₃₁	4,5	3,7	-0,8	0,2	0,4	0,01	0,03	0,65	3,3	2,4	6,35	10	84
B ₃₂	4,6	3,7	-0,9	0,2	0,5	0,02	0,03	0,75	3,2	2,4	6,35	12	82
II C ₁	4,6	3,8	-0,8	0,1	0,5	0,03	0,03	0,66	2,8	2,2	5,66	12	81
II C ₂	4,9	4,0	-0,9	0,1	0,9	0,02	0,03	1,05	2,1	1,9	5,05	21	67
II C ₃	4,9	3,9	-1,0	0,1	0,7	0,04	0,03	0,87	2,4	2,5	5,77	15	73
II C ₄	5,1	4,1	-1,0	0,1	0,7	0,09	0,03	0,92	0,9	2,1	3,92	23	49

. Dados Químicos - pH e Complexo Sortivo

Horizonte	Fe Livre	Fe Total	Fe Livre/ Fe Total
A ₁	4,58	6,32	0,72
A ₃	5,34	7,36	0,73
B ₁	5,11	7,22	0,71
B ₂	5,05	7,55	0,67
B ₃₁	5,43	7,44	0,73
B ₃₂	6,44	8,37	0,77
II C ₁	9,95	10,44	0,95
II C ₂	10,87	11,37	0,96
II C ₃	9,19	9,27	0,99
II C ₄	7,15	8,78	0,81

. Dados Químicos - Ferro Livre e Ferro Total

TABELA 7 - Dados físicos e Químicos do Cambissolo Distrófico (HBA.1)

predominância do Ca, com distribuição no perfil inversa àque-la do Mg. O Na e K, ocorrem em quantidades muito pequenas, com fracas variações nos teores de Na; os de K crescem em profundidade.

Decorrente desta distribuição dos cátions básicos, a soma de bases é mais elevada em superfície (presença de matéria orgânica) e em profundidade, onde a alteração libera os cátions básicos com rapidez um pouco maior que a atuação da lixiviação.

Os cátions ácidos (H e Al) são dominantes no complexo, com teores mais expressivos de H em superfície e de Al no horizonte B; a saturação neste cátion é portanto mais elevada (~ 80%) nestes níveis.

A CTC é mais elevada em superfície (~ 8 meq/100g de solo), decrescendo com a profundidade.

Num complexo ocupado sobretudo por cátions ácidos, o pH apresenta-se ácido ($\leq 5,1$) com ΔpH negativo variando de 0,8 a 1,0.

Os teores de matéria orgânica (**Tabela 7**) são médios e concentram-se sobretudo nos horizontes superficiais (A_1 e A_3), com decréscimo acentuado nos níveis posteriores. Esta distribuição é também verificada para o nitrogênio e para a relação C/N a qual varia de 6 a 14.

b) O Ferro e sua Distribuição no Perfil (Tabela 7)

O ferro total apresenta valores crescentes com a profundidade variando de 6,3 a 11,4% de Fe_2O_3 . Esta mesma distribuição é apresentada pelo ferro livre, que varia de 4,5 a 10,9%. A relação Fe livre/Fe total é elevada nos horizontes A e B (~ 0,70) e muito elevada no horizonte C onde, na maior parte das vezes, é superior a 0,95.

Nenhuma correlação ferro livre-argila é perceptível no perfil, desde que os teores de ferro livre tendem a crescer justamente nos horizontes de profundidade, onde se observa diminuição na quantidade de argila (**Figura 16**).

c) Cinética da Dissolução dos Elementos Fe, Al e Si

. Cinética da Dissolução do Ferro

As curvas referentes a dissolução do ferro para o Cambissolo (**Figura 17**) mostram a existência de 2 fases: na primeira, o elemento encontra-se compondo uma fase amorfa, o que é denunciado pelas inclinações fortes das curvas nas suas partes iniciais como verificado principalmente para os horizontes IIC₄ e B₃₂; a outra fase relaciona-se a presença de ferro cristalizado que, devido a presteza de sua liberação, deve corresponder a compostos ferruginosos mal cristalizados e tem presença mais marcante nos horizontes B₂ e A₁.

. Cinética da Dissolução do Al e Si

O Cambissolo estudado não apresentou amorfos de Si e Al, desde que todas as curvas relativas a esses elementos não mostram inclinações fortes nas suas partes iniciais (**Figura 17**).

No Cambissolo estudado, como nos Latossolos e Podzólicos, os teores de alumínio extraídos foram sempre superiores aos de sílica. Segalen (1968) observou a existência deste fato em solos caoliníticos e relacionou-o ao ataque preferencial da camada octaédrica da rede, quando do tratamento alternado com ácidos e bases.

FIG. 16 - CURVAS DOS TEORES DE FERRO LIVRE, FERRO TOTAL E ARGILA NO CAMBISSOLO.

FIG. 17 - CURVAS CUMULATIVAS DAS DISSOLUÇÕES SELETIVAS DO FERRO, SILÍCIO E ALUMÍNIO NO CAMBISSOLO.

3.3. Conclusões

Foi estudado um perfil da classe dos Cambissolos Dis
tróficos o qual apresenta sequência do tipo A(B)C; seu desen
volvimento deu-se a partir de 2 materiais de origem: a rocha
in situ e material remanejado. A coloração dominante é bruno
amarelado escura; a estrutura, fracamente desenvolvida, é suban
gular com aspecto maciço poroso. A classe textural dominante
é a argila.

O complexo sortivo é dessaturado e o pH ácido; a CTC
no horizonte B é de 14 meq/100g de argila.

O ferro livre e o ferro total apresentam a mesma dis
tribuição no perfil, ou seja, valores crescentes com a profun
didade. A relação ferro livre/ferro total é elevada nos hori
zontes A e B e muito elevada no C, onde os valores ficam pró
ximos de 1.

Formas amorfas de ferro foram detectadas nos horizon
tes mais profundos (C_4 e B_3); amorfos de Si e Al não foram en
contrados.

CAPÍTULO IV

EVOLUÇÃO MINERALÓGICA

1. EVOLUÇÃO DOS MINERAIS PRIMÁRIOS

As rochas que constituem o embasamento da área em estudo são formadas essencialmente por feldspatos e piroxênios, associados a menores quantidades de quartzo, biotita, granada, hornblenda e opacos. Zircão e apatita aparecem como traços. Estas rochas tem coloração cinza escuro, granulação fina e estrutura maciça a foliada. As texturas são granoblásticas equigranulares, com bordos dos minerais interlobados, amebóides e poligonais.

Entre os feldspatos, a predominância é dos plagioclásios (andesina) estando o ortoclásio pouco representado quantitativamente.

Os piroxênios estão representados pelos ortopiroxênios pertencentes a série hiperstênio-enstatita e pelos clinopiroxênios da série augita-diopsídio. Apresentam-se com forma granular arredondada e alongada. Os ortopiroxênios são dominantes embora em algumas rochas os clinopiroxênios estejam em maior quantidade.

O quartzo aparece geralmente associado aos feldspatos; é comum apresentar-se fraturado. Seus teores são em geral, em torno de 15%, mas em alguns casos, chega a atingir 35%.

A biotita, muito pleocrômica, varia sua cor de amarelo amarronzado a marrom avermelhado, ocorrendo isolada ou nas bordas dos piroxênios, hornblenda e opacos.

A hornblenda apresenta-se em cristais granulares arredondados a tabulares, exibindo coloração verde amarronzado e forte pleocroísmo. Tanto pode aparecer isolada como em intercrescimento com piroxênios.

A granada desenvolve-se associada ao piroxênio e hornblenda e é presente, em certas amostras, em quantidade elevada.

Os opacos, principais minerais acessórios destas rochas, ocorrem em teores que variam de 3 a 5%, encontrando-se geralmente disseminados em torno dos máficos. Ainda como acessôrios são encontrados zircão, com forma arredondada, e a apatita, esta em prisma ou em grãos pequenos arredondados (seção hexagonal).

Em vários pontos da área estudada foram reconhecidos minerais que tiveram sua origem ligada ao fenômeno de retrodiagênese, representados por carbonato de cálcio, clorita e sericita.

O carbonato de cálcio, o mais comum deles, ocorre sobretudo substituindo plagioclásios; a substituição de piroxênios cálcicos (diopsídio) por calcita foi também verificada, sendo este um fato mais raro.

A substituição da calcita a partir dos plagioclásios pode ocorrer de duas maneiras distintas, seja formando grãos de grande tamanho intensamente maclados e bordos amebóides, seja em grãos arredondados de tamanho diminuto que se assemelha a um pontilhado no mineral que sofre a substituição. Em ambos os casos o carbonato de cálcio apresenta forte pleocroísmo. Calcita microcristalizada é também observada preenchendo fraturas.

Clorita do tipo peninita (aluminomagnesiana) desenvolve-se próximo a fraturas e fissuras de algumas rochas. Exibem, sob luz natural, coloração verde claro e entre nítidos cruzados, cor azul. Outro tipo de clorita, com cor de polarização verde, foi também identificada preenchendo fraturas ou em suas imediações.

Em alguns pontos, foi observada a substituição de feldspatos por sericita, porém em quantidade muito pequena.

∴

As rochas, quando afloram a superfície do globo, não se encontram em equilíbrio com as condições aí reinantes. Como consequência, elas sofrem transformações que acarretarão a formação de um novo material denominado solo, constituído por minerais que lhe são peculiares.

O conjunto de fenômenos que regula o aparecimento, desaparecimento, transformação e manutenção dessas espécies minerais, é denominado alteração. Este conjunto de processos é o prelúdio à formação dos materiais que sob o efeito dos processos de pedoplasmação (Flach et al, 1968) levará à formação dos horizontes móveis constituintes do solo num sentido mais restrito.

Aborda-se aqui, o conjunto de transformações, observadas micromorfologicamente, pelo qual os principais minerais constituintes das rochas granulíticas estudadas, dão origem ao material sobre o qual se desenvolvem os solos da área.

Para as descrições das alterações minerais utilizou-se, de maneira geral, a terminologia sugerida por Stoops et al (1979).

1.1. Alteração dos Piroxênios

O primeiro estágio observado na alteração dos piroxênios ocorre com a formação de zonas opacas próximas as bordas do cristal e de franjas que bordejam fissuras e planos de fraturas internas. Essas franjas vão desenvolver-se sobretudo nos bordos do cristal, funcionando como canal de penetração à alteração.

A fase seguinte é representada pelo aparecimento de um filossilicato do grupo da esmectita, que pelas suas propriedades (pleocroísmo nítido e cor verde) parece tratar-se de nontronita; este argilomineral forma uma franja finamente denticulada e insinua-se em dentes de serra, seguindo os planos de clivagem do piroxênio (**Figura 18a e Foto 1**).

Com o prosseguimento da alteração as fissuras intramineral vão-se alargando num padrão linear irregular, com relíquias do piroxênio imersas na pseudomorfose esmectítica (**Figuras 18b e 18c**). Nesta fase não é verificada grandes transferências de materiais pois, pseudomorfozes completas de grãos do mineral são encontradas isoladas, em zonas quase sem indícios de alteração.

A formação do filossilicato 2:1 corresponde a uma fase inicial do processo de alteração, onde o sistema fissural é ainda pouco desenvolvido e o meio confinado. A sua permanência como componente dos produtos de alteração não é propiciada devido as condições climáticas e a eficiência da drenagem. Com a destruição do mineral, resta no local um resíduo composto por hidróxidos de ferro.

Em algumas áreas percebe-se que a esmectita está misturada a certa quantidade de hidróxidos de ferro que confere a pseudomorfose uma tonalidade amarelada.

FIG. 18 -ALTERAÇÃO DE PIROXÊNIO EM ESMECTITA

Outra variação, a mais comum na alteração dos piroxênios da região, é aquela decorrente do intemperismo em meio onde a drenagem é mais eficiente. A degradação do mineral ocorre ao longo de uma rede de fissuras e de clivagens (**Figura 19a**) que permite uma maior circulação de soluções; disto resulta uma pseudomorfose de hidróxidos de ferro de cor bruna com estrutura porosa celular (**Figura 19b**). Em alguns casos, gibbsita formada a partir do aporte de soluções, cristaliza-se nos vazios da pseudomorfose (**Figura 19c e Foto 2**).

Os hidróxidos formados, como observado por Delvigne (1983), apresentam extinção reta no caso de pseudomorfoses sobre ortopiroxênios e oblíqua naquelas formadas a partir de clinopiroxênios. Este fato é geralmente observado na fase inicial da alteração, quando o material neoformado não sofreu ainda nenhuma perturbação.

1.2. Alteração dos Feldspatos

Apesar da presença nas rochas estudadas de plagioclásios e ortoclásios, reporta-se aqui tão somente a alteração dos plagioclásios, tendo em vista a sua presença em todas as amostras estudadas, ao contrário dos ortoclásios, ausentes na maioria das amostras e presentes em pequena quantidade em algumas delas.

A alteração inicial se faz nos poros e microfissuras que podem tanto seguir os planos de clivagem e de maclas ou estabelecer-se em qualquer direção, progredindo da periferia para o interior do cristal (**Figura 20b e Foto 3**).

Inicialmente estas fissuras são muito finas e preenchidas por material isótropo; rapidamente este material dá lugar a pequenos cristais tabulares e incolores de gibbsita que se cristalizam perpendicularmente as fissuras (**Foto 4**).

FIG. 19 -ALTERAÇÃO DE PIROXÊNIO EM HIDRÓXIDO DE FERRO

FIG.20 -ALTERAÇÃO DE FELDSPATO (PLAGIOCLÁSIO) EM GIBBSITA

Com o prosseguimento da alteração, as fissuras tem seus diâmetros aumentados, terminando por se unirem, dando origem a cavidades diversas. Fragmentos do plagioclásio permanecem ainda disseminados na pseudomorfose gibbsítica, mantendo sua orientação original pois se extinguem simultaneamente em luz polarizada (**Figura 20c e Foto 5**).

No estágio final da alteração do mineral todo o cristal foi transformado em gibbsita, sob forma de uma estrutura porosa, porém conservando os contornos externos do mineral (**Figura 20d**).

Às vezes, as fissuras de maior diâmetro, geralmente as primeiras a serem formadas, tem o seu preenchimento gibbsítico impregnado por substâncias ferruginosas coloridas (**Foto 4**), sendo estas provenientes da alteração de minerais vizinhos de maior alterabilidade e ricos em ferro, como os piroxênios.

Mas os plagioclásios não se alteram dando formação tão somente a gibbsita. Alguns perfis, evidenciam nos primeiros estágios da alteração dos feldspatos, a presença de um material muito fino de coloração bruno esverdeado, onde o ferro está presente e que se supõe tratar-se de produtos amorfos ao microscópio ótico. Nos estágios seguintes é percebível uma certa riqueza de folhetos caoliníticos em forma de vermes e sanfonas que certamente tiveram sua origem a partir dos amorfos inicialmente formados. Segundo Delvigne (1981) a fase que antecede o aparecimento da caolinita pode ser longa, com o desaparecimento dos resíduos feldspáticos, antes do aparecimento das primeiras cristalizações de caolinita; ainda de acordo com este autor, quando a pseudomorfose se completa a caolinita apresenta-se em agrupamentos irregulares de numerosos cristais, sem ordem e sem orientação preferencial, devido a existência de vários pontos de nucleação na fase amorfa.

1.3. Alteração das Micas

Foram identificadas na área micas do tipo biotita e sericita. A sericita apresenta-se em pequenas palhetas de birrefringência elevada, disseminadas no plasma do perfil HBA 6 e sua origem deve ocorrer pela sericitização dos feldspatos nos microssistemas de contato. Este mineral secundário é mais resistente a alteração supérgena que o feldspato que o contém; assim é que as sericitas são encontradas em todos os níveis do perfil, enquanto nenhum indício de feldspato foi detectado, nem nos níveis mais profundos.

Os teores de sericita são baixos e decrescentes com a profundidade, o que indica sua alterabilidade para caolinita e/ou gibbsita, minerais sílico-aluminosos ou aluminosos com ponentes do plasma do solo.

A mica biotita foi identificada e estudada sobretudo no perfil HBA 5. Nele, o mineral altera-se dando origem a esmectitas e caolinitas.

As transformações que dão origem a esmectita levam a precipitação interfoliar do ferro numa pseudomorfose de aspecto retorcido que permite a sua identificação (**Figura 21b**). Este é um estágio fugaz na alteração do mineral nos meios bem drenados, como salientado por Novikoff (1970).

A esmectita formada degrada-se posteriormente em caolinita, com manutenção dos alinhamentos de ferro (**Figura 21c**). Estes resistem bem aos processos de pedoplasmação e permanecem como relíquias nos horizontes mais evoluídos, mesmo na aqueles onde toda a macrocaolinita da pseudomorfose desapareceu, dando lugar a microcaolinitas intimamente misturadas aos hidróxidos de ferro (**Foto 6**).

Em outros casos, a transformação biotita-caolinita faz-se diretamente sem passar pela fase esmectita. Os depósi

FIG.21 - ALTERAÇÃO DE BIOTITA EM ESMECTITA, CAOLINITA E HIDRÓXIDO DE FERRO.

tos alinhados de ferro são também formados mas agora expõem um paralelismo bem desenvolvido entre eles (**Figura 22**). Em alguns casos, o ferro pode ser mobilizado, restando apenas os grandes cristais de caolinita com tons de polarização cinza-branco.

A transformação da biotita em caolinita leva a dilatação do cristal com modificação do volume em uma só direção, ou seja, perpendicular ao plano dos folhelhos.

1.4. Alteração do Quartzo

O quartzo é submetido a uma dissolução simples ao longo dos perfis de solo. Os grãos do mineral vão, pouco a pouco, sofrendo uma dissolução pelicular, marcada por cavidades e golfos de corrosão (**Figura 23**). Além disso, quartzo fragmentado e com penetração de substâncias ferruginosas, é bastante observado nos horizontes superiores.

Nota-se, de maneira geral, uma diminuição do diâmetro dos grãos em direção a superfície, assim como uma maior concentração do mineral nestes níveis.

1.5. Alteração das Magnetitas

As magnetitas estão presentes nas rochas granulíticas da área como acessório, em proporções que variam de 3 a 5%. Estes minerais alteram-se para goethita numa pseudomorfose do tipo monominerálica normal (**Foto 7**).

A alteração inicia-se nos bordos dos grãos e ao longo de fraturas (**Figura 24b**) que se alargam cada vez mais, terminando por isolar fragmentos do mineral (**Figura 24c**). Como a sua alteração ocorre preponderantemente na fase inicial da pedoplasmação (horizonte C e B₃), os fragmentos menores são redistribuí

FIG.22 - ALTERAÇÃO DE BIOTITA EM CAOLINITA E HIDRÓXIDO DE FERRO.

FIG.23 - DISSOLUÇÃO PELICULAR E FRAGMENTAÇÃO DE QUARTZO

FIG. 24 - ALTERAÇÃO DE MAGNETITA EM HIDRÓXIDO DE FERRO

dos e os hidróxidos formados são paulatinamente integrados ao plasma caolinítico. Assiste-se assim, a diminuição no diâmetro dos grãos em direção à superfície do solo.

Os grãos alterados da magnetita apresentam, em geral, uma aréola avermelhada. É importante notar que a alteração do mineral é verificada em todos os níveis do perfil, porém com maior intensidade nos horizontes C e B₃, onde os grãos mostram em grande aumento, tonalidade bruna escura e aspecto esponjoso. Nos horizontes mais superficiais e em especial naqueles dos Latossolos, os cristais apresentam-se menos alterados, com superfícies mais frescas.

1.6. Alteração das Granadas

A alteração deste mineral faz-se principalmente através dos planos de clivagem mas também nas fraturas intraminerais. As granadas possuem uma família de planos de clivagem que as recortam em duas direções ortogonais os quais funcionam como porta de entrada para a alteração. Com a instalação desta, são isolados poliedros regulares e bem alinhados que se encontram envolvidos por hidróxidos de ferro (**Figura 25b e Foto 8**). Com a continuação da alteração, os poliedros sofrem alteração pelicular periférica, terminando por desaparecer completamente. Ao final do processo, resta uma estrutura em "box work" de hidróxidos de ferro (**Figura 25c**) que, ao microscópio petrográfico exhibe coloração que vai do amarelo ao vermelho, indicando diferentes gerações do material.

A alteração de granadas através da dissolução congruente dos núcleos de mineral, após a formação de uma coroa de hidróxidos de ferro, foi observada por Embrechts & Stoops (1982) e Parisot et al (1983) em áreas sujeitas a clima tropical úmido.

FIG. 25 - ALTERAÇÃO DE GRANADA EM HIDRÓXIDO DE FERRO

2. A FRAÇÃO ARGILA DOS SOLOS

Os minerais de argila associam-se diferentemente nos diversos tipos de solos estudados. Através da análise de raios-X, ATD, microscopia eletrônica à transmissão e microsonda eletrônica, tentou-se determinar a mineralogia da fração argila dos principais solos da área.

2.1. Latossolos

Os difratogramas de raios-X dos Latossolos (Figuras 26, 29 e 31) mostram na fração argila a dominância de um mineral do grupo da caolinita, com seus picos característicos a $7,19\text{\AA}$ e $3,59\text{\AA}$; além deste mineral, tem-se também a presença de hidróxidos de ferro e alumínio, este bem caracterizado através do pico a $4,84\text{\AA}$ relativo a gibbsita. O hidróxido de ferro (goethita) tem sua presença evidenciada por um pico a $4,15\text{\AA}$.

As curvas de ATD (Figuras 27, 28 e 30) obtidas, mostram a existência de quatro reações endotérmicas e uma exotérmica:

- a primeira reação endotérmica ocorre a uma temperatura em torno de 130°C ; este pico corresponde a remoção de água não constitucional, ou seja, a água adsorvida na superfície de partículas finas e água entre os folhetos do mineral. A pouca expressividade deste pico em alguns níveis pode ser decorrente da existência de caolinita em cristais de grande tamanho;
- o segundo pico endotérmico ocorre a uma temperatura aproximada de 320°C ; indica a presença de gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) que a esta temperatura transforma-se em $x\text{Al}_2\text{O}_3$, provocando a reação;

FIG. 26 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X EM ARGILA NATURAL DO PERFIL HBA 4 - LU d : a) ARGILA GROSSA b) ARGILA FINA

FIG. 27 - CURVAS DE ATD DA FRAÇÃO ARGILA GROSSA
DO PERFIL HBA 4 - LUD.

FIG. 28 - CURVAS DE ATD EM ARGILA
NATURAL DO PERFIL HBA 8-LVd.

FIG. 29 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X EM ARGILA
NATURAL DO PERFIL HBA 8 - LVd

FIG. 30 - CURVAS DE ATD EM
ARGILA NATURAL DO PERFIL HBA 6-LVd

FIG. 31 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X EM ARGILA NATURAL
DO PERFIL HBA 6 - LVd.

- o terceiro pico endotérmico tem lugar a aproximadamente 400°C e corresponde a desidratação da goethita; algumas amostras evidenciam um claro efeito exotérmico após o pico endotérmico da goethita que tanto pode ser ocasionado pela cristalização de um resíduo em hematita ou a mudanças nas características do aquecimento;
- entre 580°C e 600°C ocorre uma grande reação endotérmica (a quarta), relativa a remoção da água de constituição do mineral, correspondendo neste caso, a um mineral do grupo da caolinita; quando ele se apresenta agudo e simétrico, indica um bom ordenamento nos folhetos do mineral;
- a aproximadamente 950°C ocorre um pico exotérmico correspondente à formação de mulita e/ou γ -Al₂O₃.

Do exposto, conclui-se que a mineralogia básica dos Latossolos é representada predominantemente por um mineral caolínico e teores variáveis de goethita e gibbsita.

A goethita está presente em todos os níveis dos solos e seus teores são quantitativamente mais expressivos nos horizontes mais superficiais, como também na fração argila fina do Latossolo variação Una (HBA 4) quando comparado aos valores de argila grossa.

A distribuição da gibbsita nos perfis é marcada pelos teores crescentes do mineral em direção à superfície do solo e fracos teores ou ausência nos horizontes mais profundos como B₃ e C.

Fatos notáveis mas que ocorrem isoladamente são representados no difratograma de raios-X do horizonte C do perfil HBA 8 que mostra pico a 7,19⁰Å que se abre em direção aos grandes ângulos; é notório também neste difratograma, a existência de um pico abaulado a 9,8⁰Å. Estes fatos podem indicar a presença de minerais como a haloisita. Outro fenômeno também iso

lado é representado pelo pico exotérmico a 400°C na curva de ATD do horizonte B₃₃ do perfil HBA 6 que parece indicar a formação de hematita que pode ter sua origem ligada a cristalização de ferro amorfo, cuja presença foi evidenciada nos níveis mais profundos deste solo pela técnica da dissolução seletiva.

A microscopia eletrônica à transmissão realizada em amostras selecionadas (B₂₂, B₃ e C₂) do perfil HBA 4 demonstrou a grande dominância neste perfil da caolinita fina (0,02 a 0,8 μ) (**Foto 9**). As plaquetas do mineral apresentam-se um pouco corroídas em superfície. Foi detectada também a presença esparsa de uma argila de forma tubular de grande tamanho (0,5 a 1,0 μ), densa e opaca aos elétrons (**Foto 10**); parece derivar de uma mica alterada, com borda encurvada provocada por expansão dos folhetos e que se assemelha a um meio tubo não fechado em cilindro.

Análises químicas elementares por microsonda sobre a fração argila grossa do horizonte C₂ mostraram uma relação molecular SiO₂/Al₂O₃ em torno de 2,15 (**Tabela 8**); ocorre presença de um pouco de magnésio e o ferro aparece em quantidades importantes nas argilas. Esses valores indicam um déficit em alumínio, sendo provável que uma parte das caolinitas seja ferrífera. A goethita desta amostra é bem cristalizada e não chega a ultrapassar 5%.

Na fração argila fina deste mesmo horizonte (C₂), a relação molecular SiO₂/Al₂O₃ é em torno de 2,05; aqui ocorre uma maior presença de MgO (~1,1%) e de ferro. Esta anomalia está correlacionada com o fato da caolinita ser bem menos cristalizada que na fração argila grossa. A presença da goethita é de pelo menos 10%; ela apresenta-se fina, bem cristalizada e em "fuseau".

Para os dois outros perfis, as análises por microscopia eletrônica à transmissão (horizontes B₂₂, B₃₃ e C₁ do perfil HBA 6 e B₂₂ e C do HBA 8) confirmaram a presença do mine

Amostra	Condições de Operação	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
C ₂ Argila Grossa	aF	*0,48	39,08	49,29	9,44	2,14
	af	*0,25	39,00	49,39	9,28	2,15
	$\bar{m}$	*0,37	39,04	49,34	9,36	2,15
	bf	0,00	39,34	49,71	9,47	2,15
	bf	*0,23	39,24	49,89	9,14	2,16
	$\bar{m}$	*0,12	39,29	49,80	9,31	2,16
C ₂ Argila Fina	aF	1,21	34,95	42,13	17,96	2,05
	af	1,01	35,90	42,82	17,54	2,03
	$\bar{m}$	1,11	35,43	42,48	17,75	2,04

TABELA 8 - Composição química de argilas do perfil HBA 4 (Lyd) por microsonda eletrônica. Valores normalizados em % de óxidos. a - disco comprimido; b - pó colado; F - janela larga, pequena escala; f - janela pequena, grande escala; * - valor de MgO não significativo, no limite da margem de erro; $\bar{m}$ - média dos valores.

ral caolinítico (caolinita desordenada microcristalizada) e a existência de goethita geralmente com baixo nível de cristalização (goethita bem cristalizada foi encontrada em níveis mais superficiais - horizonte B).

Traços de haloisita em tubos curtos foram detectados no horizonte B₂₂ do perfil HBA 6; este mineral ocorre em maiores quantidades nos horizontes B₃₃ e C₁ (**Fotos 11 e 12**), agora em forma de tubos mais ou menos alongados e nítidos. Foram identificadas também nestas amostras, pequenas quantidades de micas alteradas (10-14 Sm) já detectadas na análise micromorfológicas, cujos teores são maiores em profundidade.

No perfil HBA 8 (horizonte C) foi observado abundantemente, tubos longos, encurvados e escuros que parecem tratar-se de haloisitas (**Foto 13**).

2.2. Podzólicos

A classe dos Podzólicos apresentou uma certa diversidade mineralógica na fração argila dos perfis estudados, motivo pelo qual a caracterização foi feita em separado.

. Perfil HBA 5

Este perfil apresenta uma mineralogia bem diversificada na sua fração argila. A partir da análise dos gráficos de difratometria de raios-X e ATD (**Figuras 32, 33 e 34**) foram observados os fatos seguintes:

- a composição mineralógica da fração é predominantemente de argilominerais do grupo da caolinita, além de hidróxidos de ferro; variáveis quantidades de micas e esmectita estão presentes, além do quartzo;

FIG. 32 - CURVAS DE ATD SOBRE A FRAÇÃO ARGILA GROSSA (A_1 a C_2) E ARGILA TOTAL (C_3 - C_4 - C_5) DO PERFIL HBA 5 - PE.

FIG. 33 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X SOBRE A FRAÇÃO ARGILA GROSSA DO PERFIL HBA 5 - PE.

FIG. 34 — DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X SOBRE A FRAÇÃO ARGILA FINA (A₁-B₂₂-B₃-C₂) E ARGILA TOTAL (C₃-C₄-C₅) DO PERFIL HBA 5.

- os hidróxidos de ferro encontram-se tanto na fração argila grossa como na argila fina, mas são melhor representados nesta última e nos horizontes de superfície;
- traços de micas estão em todos os níveis do perfil conforme denunciado por pico existente na faixa de 9 a $10\text{\AA}^0$ nos difratogramas de raios-X;
- a presença de esmectita é perceptível nos horizontes mais profundos (C_4 e C_5) e somente traços do mineral são encontrados nos demais níveis; as curvas de ATD não dão indícios da presença do mineral, a não ser através da existência de um pico endotérmico com certa importância a $130-150^\circ\text{C}$ que, ao que tudo indica, a ele deve relacionar-se, desde que alofanas não foram detectadas no perfil;
- teores fracos de quartzo (pico a $3,35\text{\AA}^0$ nos difratogramas de raios-X) foram detectados na fração argila grossa do perfil, sobretudo nos horizontes de menor profundidade;
- suposição da presença de haloisita ($10\text{\AA}^0$) devido a diminuição do pico a $10\text{\AA}^0$ após aquecimento a 110°C .

Análises por microscópio eletrônico à transmissão sobre as frações argila fina e argila grossa dos horizontes B_{21} e B_3 (**Fotos 14 e 15**) e sobre a fração argila total dos horizontes C_2 e C_5 , corroboraram os fatos anteriormente enunciados e forneceram novas informações sobre os materiais, como descrito abaixo:

- predominância da caolinita fina ($\emptyset$ 0,05 a 0,2 μm) com plaquetas um pouco corroídas em superfície;
- presença muito importante (20 a 30%) de haloisita tubular muito bem cristalizada e desenvolvida, às vezes pouco corroídas;
- presença nítida, porém rara (<5% em argila fina) de micas alteradas (10-14 Sm); esses minerais são mais abundantes em argila grossa onde atingem de 10 a 20%;

- presença abundante 5 a 10%) de microgrãos esféricos ou anulares (100 a 500 $\text{\AA}$), constituídos presumivelmente por goethita mal cristalizada ou ferrihidrita ou ainda a microhaloisitas esféricas, em amas sobre as argilas e as micas;
- ausência de goethita bem cristalizada.

O horizonte B₃ é muito parecido ao precedente (B₂₁) diferenciando-se no teor e forma da haloisita que é neste nível mais abundante, tubular, porém fina, curta e irregular. Há folhetos pouco espessos, hexagonais, meio enrolados. Esta haloisita parece proveniente da alteração de micrólitos de micas. Há também uma forma microesférica (100 a 500 $\text{\AA}$), próximo de alofana que poderia ser uma microhaloisita esférica.

O horizonte C₂ e C₅ tem dominando em sua composição, a caolinita (macro e micro) desordenada, além de haloisita tubular, fina e longa. A goethita é microesférica e mal cristalizada. As micas estão sobretudo alteradas para caolinita; no C₅ elas são mais abundantes e menos alteradas seja para esmectitas ou 10-14 esmectitas.

Análises químicas por microsonda sobre a fração argila fina e argila grossa do horizonte B₃ (Tabela 9) mostram que a relação molecular SiO₂/Al₂O₃ fica em torno de 2,31 a 2,45. O Mg tem valores em torno de 1,0 a 1,5%; esses valores confirmam a má cristalização da caolinita (caolinita desordenada e haloisita (7 $\text{\AA}$)) e a existência de micas alteradas. Como há pouca argila 2:1 (somente traços) levanta-se a possibilidade da presença de argilas 1:1 trioctaédricas, muito ferríferas e um pouco magnesianas.

. Perfil HBA 12

O principal componente da fração argila deste perfil é representado por um mineral caolinítico ou uma mistura de minerais dessa família, o que é facilmente identificável através das curvas de ATD e dos difratogramas de raios-X (Figuras 35 e 36).

Amostra	Condições de Operação	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
B ₃ Argila Grossa	aF	1,49	32,66	47,49	15,95	2,47
	af	1,21	32,74	46,89	16,02	2,43
	$\bar{m}$	1,35	32,70	47,19	15,99	2,45
B ₃ Argila Fina	aF	0,83	34,46	46,83	16,37	2,31
	af	1,09	34,34	46,39	15,93	2,30
	$\bar{m}$	0,96	34,40	46,61	16,15	2,31
	bf	0,93	34,42	46,91	14,87	2,32
	bf	0,66	34,83	47,71	15,39	2,33
	$\bar{m}$	0,80	34,63	47,31	15,13	2,33

TABELA 9 - Composição química de argilas do perfil HBA 5 (PE) por microsonda eletrônica. Valores normalizados em % de óxidos. a - disco comprimido; b - pó colado; F - janela larga, pequena escala; f - janela pequena, grande escala; $\bar{m}$ - média dos valores.

FIG. 35 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X EM ARGILA NATURAL DO PERFIL HBA 12 - PE

FIG. 36 - CURVAS DE ATD EM ARGILA NATURAL DO PERFIL HBA 12 - PE

Entra ainda na composição desta fração, fracos teores de biotita (pico a $10\text{\AA}$ em todos os horizontes) e também de esmectita, esta presente tão somente no horizonte C, cuja presença é evidenciada nos difratogramas de raios-X por um pico a $14\text{\AA}$.

Uma reação endotérmica mal delineada a 310°C (com exceção do horizonte A_1 que é bem delineada) referente a presença de goethita mal cristalizada, é verificada nas curvas de ATD; nos difratogramas, o mineral é melhor identificado, com seu pico característico a $4,15\text{\AA}$.

Na curva de ATD do horizonte A_1 verifica-se a existência de uma reação exotérmica de grandes proporções a 855°C , que mascarou aquela $\sim 940^{\circ}\text{C}$ e que foi ocasionada pela oxidação de matéria orgânica não totalmente eliminada quando da preparação da amostra.

As observações em MET realizadas para o horizonte B_{22} e C confirmaram a presença dos minerais já identificados por outros métodos, como também forneceram novas informações quanto a natureza dos materiais:

- a caolinita presente é desordenada e microcristalizada;
- a goethita apresenta-se mal cristalizada e em microesferas;
- presença abundante de haloisita em tubos curtos (**Foto 16**) e também em esferas, estas bem mais raras.

2.3. Cambissolo

. Perfil HBA 1

A fração argila do Cambissolo estudado apresentou grande heterogeneidade na sua composição. Nela dominam minerais

caoliníticos (caolinita e haloisita ($7\text{\AA}$)) porém, quantidades pequenas e variáveis de esmectitas, cloritas, goethita, gibbsita e quartzo estão presentes (Figuras 37 e 38).

Relaciona-se abaixo os fatos mais relevantes no que diz respeito as quantidades e distribuições destes minerais no perfil:

- a gibbsita está presente em todos os níveis do solo; os seus teores são crescentes em direção ao topo do perfil e sua presença é quase que restrita a fração argila grossa;
- a goethita ocorre em ambas as frações analisadas sendo mais expressiva na fração argila fina; nas curvas de ATD, o mineral não apresenta nenhuma reação endotérmica o que deve relacionar-se ao seu baixo grau de cristalização;
- o quartzo compõe a fração argila grossa de todo o perfil, sofrendo grande aumento nos seus teores nos horizontes mais superficiais;
- um pico em torno de $10\text{\AA}$ indica a presença de micas as quais praticamente ausentes na fração de menor diâmetro, ocorrem na fração argila grossa em todos os níveis;
- um pico a $14\text{\AA}$, expressivo sobretudo em C_4 , com deslocamento parcial com etileno glicol (Figura 37a) indica a presença de esmectitas; a parte que não sofreu deslocamento refere-se a presença de cloritas, já identificadas através das análises micromorfológicas;
- as análises por microscopia eletrônica à transmissão (B_{31} e IIC_4) comprovaram a dominância da caolinita, presença de haloisitas de forma tubular e de goethita, sobretudo mal cristalizada, em forma de microesferas e em "fuseau".

FIG. 37 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X EM ARGILA NATURAL DO PERFIL HBA1-Cd; a) ARGILA FINA; b) ARGILA GROSSA. EM H C₄ (a e b) FOI ANALISADA A FRAÇÃO ARGILA TOTAL.

FIG. 38 - CURVAS DE ATD SOBRE A FRAÇÃO ARGILA GROSSA, EXCETUANDO II C₄ (ARGILA TOTAL) DO PERFIL HBA I-Cd.

3. DISCUSSÃO

Na área estudada, o clima atuante propicia uma alteração eficaz, haja visto a dominância em todos os perfis estudados de minerais da família da caolinita comumente acompanhados por hidróxidos de ferro e alumínio; quantidades variáveis de esmectitas, micas e cloritas ocorrem compondo a fração argila das alteritas e dos solos representando condições particulares do meio.

. A Formação dos Minerais do Grupo da Caolinita

Argilominerais do grupo das caolinitas são, de longe, classificados como os principais na composição das alteritas e solos da área estudada; sua origem ocorre a partir da alteração de biotitas e feldspatos.

As biotitas alteram-se para caolinitas de diferentes maneiras, seja diretamente como observado por De Kimpe & Tardy (apud Bisdorn et al., 1982), seja através de uma fase esmectítica fugaz. Ambos os casos foram encontrados no Perfil HBA 5 (PE) onde os cristais de biotita primeiramente alterados apresentam indícios da fase esmectítica e os alterados posteriormente dão diretamente a caolinita, indicando um meio onde a água circula mais livremente, ocasião propícia à desestabilização da esmectita anteriormente formada. A fase de transição mica-esmectita é extremamente rápida pois os picos encontrados nos difratogramas de raios-X na faixa de 10-14Å são muito fracos.

No perfil HBA 12 (PE), nenhuma pseudomorfose indicando a formação de esmectita a partir de biotitas foi identificada. O pico a 14Å, presente no horizonte C deste solo, relaciona-se a formação de nontronita a partir de piroxênios como constatado em lâminas delgadas. Neste perfil, as biotitas alteram-se em um meio com drenagem bem mais eficiente que o perfil HBA 5, dando origem diretamente a caolinita; macroscopicamente o material assemelha-se a mica muscovita, apresentando

aspecto leitoso e extrema fragilidade. Ojanuga (1973) estudando solos da Nigéria (clima tropical úmido) apontou como responsáveis pela caolinização da biotita, o rápido intemperismo condicionado pelo clima, lixiviação marcante e moderada acidez no ambiente de alteração; estas características ambientais dominam no perfil HBA 12 e deve prevalecer na quase totalidade do perfil HBA 5 onde dá sequência a uma fase efêmera de confinamento onde a esmectita seria formada.

A maior parte da caolinita formada deve originar-se da alteração de feldspatos, através de uma fase solúvel; a passagem desta fase para a cristalina deve envolver a formação de um gel como sugerido por Gastuche & De Kimpe (1962), Tardy (1969) e Trichet (1969).

As macrocaolinitas são comuns nos horizontes de alteração apresentando-se em forma de vermes, sanfonas e folhas de livro; pequenos cristais imbricados também aparecem ocupando grandes áreas desses alteroplasmas.

Volumes arredondados, semelhantes a cavidades interconectadas a poros, encontram-se preenchidos por caolinitas, sugerindo sua formação a partir da migração de soluções.

A caolinita encontrada nos solos e alteritas da área exibem um baixo grau de cristalinidade, apresentando em alguns casos, plaquetas corroídas.

Tentando-se explicar uma relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ elevada em algumas argilas da área, foi levantada a hipótese do ferro participar como integrante da estrutura das caolinitas. Recentemente este assunto tem sido objeto de estudo de alguns pesquisadores, mas como ressaltado por Herbillon et al (1976) a pequena quantidade de ferro e/ou a presença de impurezas mineralógicas nas amostras tornam a localização deste ferro incerta.

Outro mineral do grupo da caolinita identificado nos solos foi a haloisita ($7\text{\AA}$); ela foi observada principalmente nos horizontes mais profundos dos solos estudados, exceção feita ao perfil HBA 8 onde sua presença é duvidosa.

Na maioria dos solos, onde ocorre a presença de minerais haloisíticos, sua presença é restrita aos horizontes de alteração, decrescendo em direção à superfície (Cerri & Aloisi, 1976; Quantin et al, 1978; Pessoa et al, 1980; Iniguez Rodriguez, 1981). Tal fato leva a suposição de que, com o desenvolvimento do perfil, modificações são introduzidas no meio: o pH torna-se mais ácido, a concentração de sais como também a sílica tendem a diminuir o que leva a uma instabilidade dos minerais haloisíticos e a sua destruição. Em geral, o meio torna-se propício à formação da caolinita.

As haloisitas são formadas em geral, a partir da alteração de feldspatos mas, pesquisadores como Eswaran & Heng (1976), Eswaran & Bin (1978), Penven et al (1981), Rose et al (1983) constataram a sua origem a partir de biotitas. Eswaran & Heng (op. cit.) dão como diferenças entre os ambientes de formação da caolinita e haloisita a saturação em bases e as condições de umidade que são mais elevadas no caso da formação de haloisitas.

A possibilidade da origem de minerais haloisíticos a partir de biotitas, além dos formados por alteração dos feldspatos, pode ser sugerida para a área estudada, principalmente no caso do perfil HBA 5 onde as condições do meio apresentam-se mais propícias.

As formas dominantes do mineral na área são a tubular com variações na largura e comprimento dos tubos, assim como em esferas, estas restritas ao perfil HBA 5 (PE).

Várias formas do mineral tem sido observadas (Tazaki, 1978), parecendo estas corresponderem a estágios na sua evolu

ção. Segundo Silveira & Souza Santos (1959) a sequência caolinita bem cristalizada - caolinita com desordem ao longo do eixo *b* - haloisita $2\text{H}_2\text{O}$ - haloisita $4\text{H}_2\text{O}$ - alofana, representa a sequência decrescente de intensidade das forças de ligação entre as camadas estruturais Si-Al; ao longo desta sequência desenvolve-se uma sequência morfológica de placas hexagonais alongadas, para ripas curvadas ou calhas, para tubos, para placas curvadas até grãos arredondados de alofanas.

Os teores mais elevados do mineral foram detectados no perfil HBA 5, perfil este que apresenta a maior incidência de esmectitas, denunciando portanto um meio mais rico em Si e cátions básicos.

. A Formação dos Hidróxidos de Ferro

A grande quantidade de minerais ferromagnesianos (granadas, piroxênios, biotitas, hornblendas) juntamente com a magnetita, que compõem os granulitos da área, funcionam como fonte de ferro e são responsáveis pelo teor quase sempre elevado de hidróxidos do elemento nos solos da região. Estes compostos são formados já nas fases iniciais da alteração, quando os piroxênios, em meio não confinado, alteram-se diretamente em hidróxidos de ferro. O mesmo ocorre por alteração das biotitas quando o ferro nelas contido é exsudado durante a sua transformação em caolinitas. Uma fase inicial amorfa é sugerida nas curvas obtidas pela dissolução seletiva do ferro, tanto nos Podzólicos, como nos Latossolos e Cambissolos. Esta fase amorfa é notada principalmente nos horizontes mais profundos e deve corresponder a formação de ferrihidritas, outrora chamadas de hidróxidos amorfos de ferro. Esses amorfos são termodinamicamente instáveis e com o tempo convertem-se em óxidos de ferro estável, usualmente goethita nos climas úmidos (Carlson & Schwertmann, 1981). Estes autores chamam a atenção para o efeito inibidor causado pelas soluções ricas em componentes dissolvidos que tem um alto grau de afinidade com a superfície das ferrihidritas. Este efeito foi observado por

Melfi (1971) e Schwertmann (1988) quando meios ricos em sílica impediram a cristalização de compostos férricos.

A observância das curvas de dissolução mostra que no caso dos solos estudados a tendência é para a cristalização das ferrihidritas pois os horizontes mais superficiais não apresentam o produto. Este fato sugere um empobrecimento das soluções em silício nas partes mais superficiais dos perfis e consequente cristalização de goethita a partir das ferrihidritas.

As análises em MET indicam a predominância da goethita microcristalizada sob forma de esferas e em "*fuseau*"; sua presença é mais marcante na fração argila fina dos solos.

. *A Formação da Gibbsita*

A gibbsita é encontrada nos materiais estudados com duas origens bem distintas nos horizontes de alteração e no solum. No primeiro caso, sua formação ocorre às expensas dos plagioclásios, dando uma pseudomorfose característica; a formação deste hidróxido foi observada largamente tanto na base de Latossolos como de Cambissolos.

No segundo caso, o mineral foi sistematicamente observado nos horizontes superiores (A e B) dos Latossolos; os teores são crescentes com o grau de evolução do perfil e sua origem deve ligar-se a um processo de degradação de caolinitas, oriundo da perda de bases e acidificação do meio, como sugerido por Pessoa (1979).

O mineral não foi encontrado nos Podzólicos estudados; nos Cambissolos, sua ocorrência tem lugar tanto nos horizontes mais superficiais como também naqueles de alteração, onde traços do mineral estão presentes no horizonte C.

. *A Formação de Esmeectitas*

A presença de minerais sílico-aluminosos com edifício 2:1 foi identificada como produto de processos de neoformação e de transformação.

A neoformação de esmeectita (presumivelmente nontronita) foi observada a partir da alteração de piroxênios. Essa pseudomorfose só é observada na fase inicial da alteração, quando o meio apresenta características de confinamento. A medida que o meio torna-se mais aberto pode-se ter a formação de nontronita + hidróxido de ferro e por fim, somente a formação de hidróxidos de ferro, este nos meios com circulação efetiva de água. Esta pseudomorfose de esmeectita a partir de piroxênios foi somente observada no horizonte C do perfil HBA 12 (PE), sendo já ausente nos níveis mais superiores deste solo.

Formação de esmeectita através do mecanismo de transformação foi observada no perfil HBA 5, quando biotitas sofrem degradação, dando origem a uma pseudomorfose peculiar. Não foi possível a observação em lâminas delgadas das pseudomorfoses integrais, mas a sua existência foi sugerida através de alinhamentos ferruginosos característicos.

Foram estudadas lâminas delgadas do horizonte C₃ até B₂₁ observando-se tão somente as relíquias das pseudomorfoses. Isto indica que já nestes níveis toda a esmeectita sofreu destruição, originando caolinitas. Os difratogramas de raios-X indicam a presença do mineral em quantidades ínfimas (traços somente), fato que não ocorre nos horizontes C₄ e C₅, onde a presença do mineral é marcante sugerindo, portanto, serem estes níveis a sede destas transformações.

A formação do mineral e sua permanência exigiria um meio com certa riqueza em bases e sílica o que não ocorre nestes solos haja visto a vida efêmera do mineral.

CAPÍTULO V

ORGANIZAÇÃO PEDOLÓGICA

O estudo das organizações pedológicas baseou-se no exame de lâminas delgadas, confeccionadas a partir de amostras indeformadas, orientadas em sua maioria, que foram coletadas em horizontes selecionados dos diferentes perfis.

As análises e interpretações relativas a micromorfologia dos solos foram efetuadas tomando como base os dados relativos aos constituintes dos solos (esqueleto e plasma), as feições pedológicas e aos níveis de organização, seguindo em linhas gerais, a metodologia utilizada por Chauvel (1977) e a terminologia empregada por Brewer (1964).

1. LATOSSOLOS

O estudo micromorfológico preliminar dos Latossolos mostrou uma constituição e organização dos materiais bastante semelhante, razão pela qual escolheu-se o perfil HBA 6, o menos desenvolvido entre eles, para ser analisado em maior detalhe, relatando-se posteriormente as informações complementares referentes aos perfis mais desenvolvidos, o HBA 8 e o HBA 4.

1.1. Perfil HBA 6

No estudo micromorfológico deste perfil foram analisadas as lâminas referentes aos horizontes B₃₃, B₃₂, B₃₁ e B₂₂.

1.1.1. Os Constituintes

O Perfil HBA 6 tem em sua constituição um esqueleto com larga dominância do quartzo e um plasma constituído por caolinitas, hidróxidos de ferro, gibbsita, além de pequena quantidade de sericita. As quantidades desses constituintes variam ao longo do perfil de solo.

a) Esqueleto

O perfil apresenta-se com um esqueleto abundante chegando nos níveis mais ricos a ocupar mais de 50% do volume total (55% no B₃₃). Os valores vão decrescendo gradativamente em direção ao topo, ocupando 35% do fundo matricial no B₂₂. O esqueleto é constituído essencialmente por quartzo, ocorrendo ainda minerais opacos, zircão e calcedônia.

. Quartzo

Os grãos mais grosseiros ($\phi > 0,5$ mm) são dominantes em todos os níveis embora haja redução do seu diâmetro em direção a superfície. Em profundidade (B₃₃) os maiores indivíduos chegam a atingir 3,5 a 4,0 mm no seu maior eixo ao passo que no B₂₂ há uma queda para 2,0 mm; esta redução é mais notável entre os horizontes B₃₃ e B₃₂. Estes grãos apresentam-se límpidos, bastante fraturados e quebrados, com formas subangulares e sem indícios de corrosão no horizonte B₃₃; algumas fraturas encontram-se preenchidas por óxidos de ferro de coloração bruno avermelhada (Luz Natural). Nos níveis subsequentes as características acima descritas permanecem, com exceção das fraturas que diminuem sensivelmente e dos seus preenchimentos, que passam a ocorrer tanto com materiais avermelhados como por materiais amarelados, estes correspondendo ao plasma dominante nos horizontes B₃₁ e B₂₂.

Os grãos médios (ϕ entre 0,5 e 0,05 mm) são subangulares e pouco fraturados; aumentam em quantidade da base para o topo.

Os grãos finos, numerosos em todos os níveis, tem formas diversas e estão imersos no plasma, sofrendo ligeiro aumento em direção a superfície.

. Opacos

Compostos por magnetita, que se apresenta em grãos subarredondados num volume que pouco varia ao longo do perfil ($\sim 3\%$). Os maiores indivíduos chegam a atingir 1,0 mm de diâmetro; nos horizontes B₃₃ e B₃₂ os grãos dominantes tem diâmetro entre 0,3 e 0,5 mm e nos níveis mais superiores (B₃₁ e B₂₂) o diâmetro dos grãos diminui, dominando aqueles inferiores a 0,3 mm. O mineral apresenta-se frequentemente com indícios de alteração em todos os níveis mas principalmente nos mais profundos (B₃₃ e B₃₂).

. Zircão

Poucos grãos arredondados de zircão ocorrem em todos os horizontes, com os maiores chegando a atingir 0,4 mm de diâmetro, dominando porém os de menor diâmetro ($< 0,1$ mm). Não apresentam indícios de alteração.

. Calcedônia

Presente em todos os níveis em pequeno número, com forma ovalada e diâmetro variável ($< 0,7$ mm).

b) Plasma

Seu volume varia pouco no perfil (35 a 40%) com o valor mais baixo correspondendo ao horizonte B₃₃. É composto por caolinita, hidróxidos de ferro, pequena quantidade de plaquetas de sericita e gibbsita.

. Caolinitas

São originadas a partir da alteração dos feldspatos e biotitas. Nos locais onde este argilomineral domina a coloração é amarelo claro (Luz Natural) e branco acinzentado (Luz

Polarizada). Percebe-se a penetração dos hidróxidos de ferro nestas áreas pela passagem progressiva a tons brunos (Luz Natural) e avermelhados (Luz Polarizada).

As macrocaolinitas estão em grande número nos horizontes de profundidade (B_{33} e B_{32}) constituindo um alteroplasma. A medida que caminhamos em direção ao topo, as macrocaolinitas desaparecem dando lugar a um pedoplasma, onde as microcaolinitas estão intimamente misturadas a hidróxidos de ferro, de cor amarela (Luz Natural) e bruna (Luz Polarizada).

. Hidróxidos de Ferro

São provenientes da alteração dos minerais ferro-magnesianos contidos na rocha (piroxênios e biotitas) e somente ferríferos como a magnetita. No alteroplasma dos horizontes B_{33} e B_{32} percebe-se os locais onde dominam estes hidróxidos, pois se apresentam com coloração bruna (Luz Natural) e vermelha (Luz Polarizada). Sua mobilidade é bem maior que aquela das caolinitas desde que são eles que penetram nas áreas contendo os minerais sílico-aluminosos. Volumes individualizados de plasma bruno ou bruno avermelhado, com limites nítidos e composição ferrífera, ocorrem em todos os níveis e em maior quantidade naqueles de profundidade, formando glêbulas.

. Sericita

Pequeno número de plaquetas do mineral ocorre em todos os horizontes analisados, decrescendo em direção ao topo, não chegando em nenhum momento a ultrapassar 1% do volume total das lâminas.

. Gibbsita

Pequena quantidade de cristais tabulares de gibbsita foram identificados unicamente no horizonte B_{33} .

1.1.2. A Evolução do Plasma e as Feições Pedológicas

O horizonte B₃₃ é composto por um alteroplasma que tem em sua composição caolinitas (dominantemente macrocaolinitas), hidróxidos de ferro e alumínio e sericita. Esses materiais encontram-se em diferentes fases (Figura 39) ora com individualização de um único mineral, ora mistura heterogênea de mais de um mineral, ora mistura mais ou menos homogeneizada de minerais. Essas diferentes fases são responsáveis pelo aparecimento de pontuação em escala macroscópica, relatada quando da descrição do perfil.

As plaquetas de sericita são visíveis principalmente nas áreas ocupadas pelos minerais sílico-aluminosos. O volume ocupado é pequeno como também o diâmetro das partículas. O pequeno tamanho faz supor a sua formação a partir da alteração por retrodiagênese sobre feldspatos.

As concentrações de hidróxidos de ferro (fase 2) podem ocorrer de 2 maneiras: seja formando um plasma pouco denso de cor preta (Luz Natural), sem limites nítidos, que passa gradualmente para as fases 3 e 4; um segundo tipo é formado por um plasma denso de cor bruna e limites nítidos. Estes dois aspectos apresentados pelos hidróxidos de ferro, parecem representar fases distintas na alteração dos minerais contendo ferro. O primeiro tipo descrito refere-se a alteração de minerais ocorrida a mais tempo (piroxênios) e uma posterior mobilização nos poros do solo, além de um processo de homogeneização. O segundo caso descrito, refere-se a alteração um pouco mais recente e corresponde às glêbulas ferríferas, presumivelmente originadas da alteração de magnetitas.

Este alteroplasma vai pouco a pouco evoluindo; as ilhas, formadas pelas pseudomorfozes monominerálicas, tornam-se cada vez mais escassas. Os hidróxidos de ferro se espalham, tingindo todos os minerais de vermelho. As macrocaolinitas di

FIG. 39 - DIFERENTES FASES DO PLASMA NO PERFIL HBA 6 - LVd

minuem paulatinamente, dando origem a microcaolinitas. As plquetas de sericita diminuem seu diâmetro e a quantidade.

Na altura do B_{31} , este alteroplasma sofre uma grande modificação. Os cristais de grande tamanho da caolinita desaparecem quase totalmente; os hidróxidos de ferro misturam-se intimamente as argilas e o plasma toma uma coloração amarela (Luz Natural) e bruna (Luz Polarizada). Pequenas áreas ocorrem com concentração de hidróxidos de ferro (cor bruna em Luz Natural e cor vermelha em Luz Polarizada) que parecem estar em processo de integração ao plasma de cor amarela dominante. As separações plásmicas, ausentes até então, ocorrem sob forma de ilhas, com grau médio de desenvolvimento e certa orientação em torno do esqueleto. Os peds começam a ser esboçados neste nível, sendo os precedentes totalmente apedais. No horizonte B_{22} tem-se já um pedoplasma formado, com aspecto bem mais homogêneo que os anteriores, embora ocorram ainda áreas com concentração de hidróxidos de ferro, difusas e em halos. As separações plásmicas estriadas estão também presentes neste nível. Os peds ocorrem já bem desenvolvidos, dominando aqueles com 2 mm de diâmetro.

As glêbulas, descritas anteriormente, vão pouco apouco diminuindo em número, sendo raras nos horizontes B_{31} e principalmente no B_{22} .

Os vazios, fissurais nos níveis apedais, vão desaparecendo e dando lugar a cavidades e canais; seu volume é crescente da base para o topo do perfil, passando de 10 para 25% do volume total.

Pedotubos ocorrem em todos os horizontes com exceção do B_{33} , e são preenchidos parcialmente com material de coloração mais brunada, semelhante ao plasma mais evoluído dos níveis superiores.

1.2. Correlação Entre os Perfis

As Tabelas 10, 11 e 12 contêm os dados concernentes a aspectos do fundo matricial e feições pedológicas dos horizontes analisados micromorfológicamente nos Latossolos estudados.

As diferenças entre os perfis dizem respeito, tão somente, aos volumes ocupados pelos vazios, plasma (HBA 4 > HBA 8 > HBA 6) e esqueleto (sequência inversa àquela do plasma) e a distribuição deste ao longo do perfil que no caso do HBA 6 tem valores crescentes com a profundidade, diferentemente dos demais que apresentam a distribuição inversa.

Relaciona-se abaixo, aspectos observados nas análises micromorfológicas dos Latossolos.

1.2.1. Esqueleto

O principal mineral constituinte do esqueleto nos Latossolos é o quartzo cuja forma dominante dos grãos é a subangular; os grãos grosseiros estão frequentemente fraturados, fraturas estas preenchidas por hidróxidos de ferro de coloração avermelhada, às vezes semelhante a coloração do plasma dos horizontes de alteração. Nos horizontes mais desenvolvidos (B₂, B₁ e A) ocorrem fraturas preenchidas tanto por material de coloração vermelha como de coloração amarela. As fraturas preenchidas com o material avermelhado, nos níveis de plasma de cor amarela são remanescentes de uma outra fase de evolução, tratando-se portanto de relíquias. São frequentes os grãos que apresentam figuras de corrosão tanto nos horizontes superficiais como naqueles de profundidade. É comum a existência de indivíduos que estão próximos, apresentarem o mesmo ângulo de extinção, demonstrando uma origem comum, ou seja, são provenientes de um mesmo grão que sofreu partição. É notório um aumento da base do perfil para o topo, dos grãos de tamanho médio.

Hz	B ₃₃	B ₃₂	B ₃₁	B ₂₂
Prof. Amost. (cm)	500	320	210	100

I - FUNDO MATRICIAL

1) Plasma %	35	40	40	40
Sep. plasm.	aus.	aus.	med.	med.
2) Esqueleto %	55	45	40	35
Quartzo %	53	43	37	32
φ dom. mm.	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5
Opacos %	2	2	3	3
φ dom. mm	0,3-0,5	0,3-0,5	<0,3	<0,3
3) Vazios %	10	15	20	25
Tipos	fis.	fis.cav.	fis.cav.can.	cav.can
4) Pedalidade	apedal	esb. peds.	esb. peds	peds

II - FEIÇÕES PEDOLÓGICAS

1) Glêbulas	md.	md.	pc.	pcq.
2) Pedotubos	aus.	pres.	pres.	pres.
3) Cutãs	aus.	aus.	aus.	aus.

TABELA 10 - Dados Micromorfológicos do Perfil HBA 6 - LVd

Hz	B ₃₃	B ₃₂	B ₃₁	B ₂₂	B ₂₁
Prof. Amost. (cm)	600	530	430	205	85

I - FUNDO MATRICIAL

1) Plasma %	65	60	50	40	40
Sep. plasm.	aus.	pc.	med.	med.	med.
2) Esqueleto %	20	25	25	30	30
Quartzo %	18	23	23	25	25
φ dom. mm	0,05-0,5	>0,5	0,05-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5
Opacos	2	2	2	5	5
φ dom. mm	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
3) Vazios %	15	15	25	30	30
Tipos	fis.cav	fis.cav	fis.cav.can	cav.can	cav.can
4) Pedalidade	apedal	apedal	esb. peds	peds	peds

II - FEIÇÕES PEDOLÓGICAS

1) Glêbulas	mt.	mt.	md.	pc.	pc.
2) Pedotubos	aus.	aus.	pres.	pres.	pres.
3) Cutãs	Fe	Fe+arg.	Fe	aus.	aus.

TABELA 11 - Dados Micromorfológicos do Perfil HBA 8 - LVd

Hz	B ₃	B ₂₄	B ₂₂	B ₂₁	A ₁
Prof. Amost. (cm)	400	220	120	80	10
I - FUNDO MATRICIAL					
1) Plasma %	80	70	65	60	55
Sep. plasm.	med.	fort.	fort.	med.	med.
2) Esqueleto %	15	20	25	25	25
Quartzo %	13	17	22	22	22
φ dom. mm	>0,5	0,05-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5
Opacos %	2	3	3	3	3
φ dom. mm	~0,1	~0,1	~0,1	~0,1	0,05-0,1
3) Vazios %	5	10	10	15	20
Tipos	fis.cav	fis.cav.can	cav.can	cav.can	cav.can
4) Pedalidade	apedal	esb. peds	pc. peds	peds	peds
II - FEIÇÕES PEDOLÓGICAS					
1) Glêbulas	mt.	pc.	pc.	pc.	pcq.
2) Pedotubos	aus.	aus.	pres.	pres.	pres.
3) Cutãs	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.

TABELA 12 - Dados Micromorfológicos do Perfil HBA 4 - LUd

Os opacos nestes solos não chegam a ultrapassar 5% do volume total, tendo uma distribuição crescente em direção ao topo. Os grãos em sua maioria, não ultrapassam 0,3 mm de diâmetro e uma pequena diminuição deste em direção à superfície é perceptível. A forma dominante é a subarredondada.

Um exame acurado dos grãos do mineral opaco (magnetita) mostrou a existência de diferentes aspectos: alguns indivíduos apresentam superfícies frescas, com coloração negra; outros, apresentam alteração parcial perceptível através de áreas com tonalidade bruna, às vezes avermelhada e aspecto esponjoso. Esta alteração ocorre predominantemente nos bordos dos grãos e ao longo das fraturas do mineral. Outros grãos apresentam-se completamente alterados para hidróxidos de ferro, deixando perceber os cristais do novo mineral. O processo de alteração do mineral é extensivo a todo o perfil, porém é particularmente atuante no horizonte B₃; tudo indica que ele é o responsável maior pela existência das glêbulas de coloração bruna, vermelha e vermelho amarelada, de aspectos diversos quanto a continuidade e nitidez que ocorrem em todos os níveis destes solos e principalmente naqueles mais profundos.

A presença de zircão em número reduzido é comum em todos os níveis, não mostrando este mineral, nenhum indício de uma evolução particular.

Um número pequeno de grãos de calcêdônia está presente em alguns níveis dos perfis 4, 6 e 8 notadamente nos horizontes B₂ e A.

1.2.2. Plasma

De maneira geral o volume ocupado pelo plasma decresce em direção ao topo (excetuando o HBA 6); as separações plásmicas são ausentes nos horizontes B pouco pedoplasmados (B₃₃ e

B₃₂) ocorrendo em pequena quantidade na altura do B₃₁, estando bem representadas no horizonte B₂.

1.2.3. Vazios

A rede de vazios é sempre crescente em direção ao topo dos perfis. Em geral, os níveis mais profundos possuem fissuras, passando nos intermediários a fissuras e cavidades e nos níveis mais evoluídos a cavidades e canais.

1.2.4. Pedalidade

Os níveis mais profundos são totalmente apedais; os peds são esboçados no B₃₁ e ocorrem já bem desenvolvidos no B₂. O diâmetro médio fica em torno de 2 mm.

1.2.5. Feições Pedológicas

São representadas por cutãs, glêbulas e pedotubos; estes ocorrem com maior frequência nos horizontes mais superficiais e as glêbulas, tipo nódulo, têm sua dominância nos horizontes mais profundos, diminuindo paulatinamente em direção à superfície. Os cutãs foram identificados em pequena quantidade no perfil HBA 8; sua composição varia, sendo encontrados aqueles compostos por hidróxidos de ferro e coloração violácea, como também argilo-férricos e cor amarela. São restritos ao horizonte B₃.

2. PODZÓLICOS

Escolheu-se para descrição micromorfológica detalhada desta classe de solo, o perfil HBA 5 (Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico), por tratar-se de um perfil com maior diversidade mineralógica.

2.1. Perfil HBA 5

Neste perfil, foram analisados lâminas referentes aos horizontes C_2 , C_1 , B_3 , B_{22} e B_{21} .

2.1.1. Os Constituintes

O perfil HBA 5 é constituído sobretudo por um plasma heterogêneo composto em sua maioria por caolinitas (macro e micro), hidróxidos de ferro e em menor quantidade por esmectitas e micas alteradas; o esqueleto deste solo é pouco expressivo, com teores que variam de 5 a 10% tendo em sua constituição quartzo, magnetita e zircão.

a) Esqueleto

. Quartzo

O perfil apresenta-se com um esqueleto reduzido que não chega a ultrapassar 10% do volume total, correspondendo os valores mais elevados aos horizontes superficiais. Dominam os grãos médios a grosseiros, havendo uma tendência para o aumento do diâmetro, nos níveis mais superficiais. Os grãos apresentam-se pouco fraturados, com formas subangulares e aspecto corroído, denunciando terem sofrido uma dissolução pelicular.

. Opacos

Representados pela magnetita, cujo teor pouco varia ao longo do perfil, oscilando em torno de 4%, deixando porém perceber-se um aumento no seu teor em direção a superfície; apresentam-se em grãos subarredondados, com diâmetro, na maioria das vezes, inferior a 0,3 mm de diâmetro. Alguns indivíduos, de maior diâmetro, são encontrados sobretudo nos horizontes mais superficiais (B_{22} e B_{21}) chegando a atingir 1 mm. É comum o aspecto alterado do mineral em todos os níveis do perfil.

. Zircão

Presente no perfil em número reduzido, sob forma de grãos arredondados de pequeno tamanho ($< 0,1$ mm).

b) Plasma

O volume ocupado pelo plasma neste solo é bem elevado, oscilando em torno de 70% do volume total. Sua composição tem a dominância de caolinitas e hidróxidos de ferro, além de pequena quantidade de esmectitas e micas alteradas.

Seu aspecto é muito heterogêneo com justaposição de áreas de cores diversas, haja visto a grande quantidade de pseudomorfoses em biotitas e piroxênios, além de misturas de caolinitas com compostos de ferro em diferentes estágios.

Podemos diferenciar 3 tipos de plasma: um alteroplasma, onde dominam as pseudomorfoses caoliníticas, estas exibindo cristais de grande tamanho e as pseudomorfoses sobre piroxênios, resultando numa acumulação de hidróxidos de ferro; um pedoplasma em formação, representado sobretudo, por misturas de microcaolinita e hidróxidos de ferro, com maior ou menor grau de homogeneidade. Estes plasmas apresentam-se com colorações diversas e anisótropos em sua grande maioria. O terceiro tipo de plasma refere-se àqueles que dão origem as feições pedológicas, representadas pelos cutãs e glêbulas.

Os cutãs são representados por ferriargilãs de coloração amarela (Luz Natural e Luz Polarizada) e aspecto denso, que podem ser encontrados tanto em paredes de vazios como fazendo parte dos pedoplasmas onde representam verdadeiras relíquias.

As glêbulas apresentam-se com um plasma denso, fracamente anisótropo e composto por hidróxidos de ferro; sua coloração varia de bruno a vermelho (Luz Natural).

2.1.2. A Evolução do Plasma e as Feições Pedológicas

As rochas granulíticas responsáveis pelo material de origem desse solo tem em sua composição feldspatos, piroxênios, biotita, quartzo e magnetita. A alteração desses minerais propiciou a formação de um plasma com características intermediárias entre os ortotipos definidos pela tipologia, ou seja, isalterita e aloterita.

As características isalteríticas são decorrentes da presença de pseudomorfoses, sobretudo a partir de biotitas e piroxênios. As biotitas encontram-se alteradas para esmectitas e caolinitas. O ferro do mineral é segregado e individualiza-se, no local, entre os folhetos da caolinita, sendo os cristais do mineral de grande tamanho. Os piroxênios encontram-se totalmente alterados, deixando no local um resíduo composto por hidróxidos de ferro que reproduz a rede de clivagens e fraturas do mineral.

O plasma com características aloteríticas é formado por misturas de hidróxidos de ferro e caolinita microcristalizada. As cores são avermelhadas para os plasmas menos evoluídos; as fases com maior grau de homogeneidade, portanto mais evoluídos, tomam tonalidades amarelas.

A caolinita parece formar-se nestes solos também por recristalização de soluções em vazios. A coloração é amarela clara (Luz Natural) e cinza (Luz Polarizada) e os cristais são de pequeno tamanho o que diferencia estas caolinitas daquelas formadas as expensas de um só mineral e in situ.

Nos horizontes mais profundos (C_1 e C_2) os fenômenos de pedoplasmação são insuficientes para propiciar uma homogeneização completa do material. Sucodem-se as pseudomorfoses: os piroxênios estão já totalmente alterados em compostos de ferro, as magnetitas ou alteradas ou em processo de alteração e as biotitas transformam-se em esmectitas e em caolinitas.

Nesses níveis, os vazios são de grosso calibre chegando a alcançar 1 mm de diâmetro e a ocupar 20% do volume total; parecem corresponder a uma rede de fissuras que se desenvolve por efeito de dilatação e contração do material. Ocorrem também, vazios de menor diâmetro com depósitos do tipo ferriargilãs.

Glêbulas, com diferentes diâmetros, composição ferrífera e coloração que varia do bruno ao vermelho, ocorrem dispersas no plasma.

O material é apedal mas é percebível, através da rede de fissuras, uma tendência à formação de agregados; a contração do material provoca a fragmentação em blocos de formas diversas.

Com o prosseguimento dos processos de pedoplasmação ocorre a alteração completa das esmectitas em caolinitas; diminuem as áreas relativas as microcaolinitas individualizadas, a medida que vão sendo englobadas pelo plasma ferruginoso; e aumenta a quantidade e a espessura dos revestimentos cutânicos. Estes fatos levam a substituição paulatina do alteroplasma pelo pedoplasma. As macrocaolinitas são destruídas dando lugar as microcaolinitas que imediatamente são misturadas aos hidróxidos de ferro; a pontuação de cores diversas vai desaparecendo, os vazios tornam-se mais numerosos e com menor diâmetro que a fissuração inicial, ocorrendo um aumento no número de cavidades. Os peds são esboçados nestes níveis.

No horizonte B₃ o plasma apresenta-se bem mais homogeneizado, porém com um número ainda expressivo de pseudomorfoses de piroxênios, estas as mais resistentes, haja visto serem as primeiras formadas quando da alteração. Da alteração da biotita resta somente um resíduo ferruginoso, que não foi ainda englobado pelo plasma.

O material sofre uma nova fissuração devido aos efeitos de contração e dilatação, levando a incorporação dos depósitos cutânicos pelo plasma, a partir deste nível.

No horizonte B₂ observa-se o desaparecimento dos depósitos cutânicos. Os pedrs formados e esboçados tem um diâmetro menor que aqueles dos níveis precedentes. O plasma, neste nível, apresenta-se bem mais homogêneo, embora relíquias das pseudomorfoses dos piroxênios e biotita subsistam. A coloração adquire tons mais amarelados e os poros são mais finos e mais numerosos que nos níveis anteriores.

A **Figura 40** mostra a evolução do fundo matricial e das feições pedológicas ao longo do perfil.

2.2. Correlação Entre os Perfis

As **Tabelas 13 e 14** reproduzem alguns dados micromorfológicos referentes aos perfis da classe Podzólico.

O estudo das lâminas demonstrou que a grande diferenciação entre os 2 perfis resumia-se exclusivamente ao tipo de evolução mineralógica da biotita nestes 2 meios. Como foi visto, o mineral sofre uma evolução no perfil HBA 5 que origina como produto final, a caolinita. Uma fase intermediária é, às vezes, observada, dando origem a esmectitas que posteriormente evoluem também em caolinita.

No perfil HBA 12 a fase esmectítica não foi observada; o mineral (biotita) sofre uma alteração típica de meios bem drenados alterando-se diretamente em caolinita e hidróxido de ferro. Muitos dos cristais de caolinita observados, já não apresentavam os lineamentos de ferro que tão bem caracterizam a pseudomorfose; eles foram mobilizados, passando os compostos de ferro a concentrar-se nas adjacências dos cristais, sendo posteriormente integrados ao plasma. Estes cristais, quando

FIG. 40 - EVOLUÇÃO DO FUNDO MATRICIAL E DAS FEIÇÕES PEDOLÓGICAS NO PERFIL HBA5 (PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO).

Hz	C ₂	C ₁	B ₃	B ₂₂	B ₂₁
Prof. Amost. (cm)	260	200	125	85	60
I - FUNDO MATRICIAL					
1) Plasma %	73	75	75	70	70
Sep. plasm.	aus.	aus.	aus.	med.	med.
2) Esqueleto %	5	5	5	10	10
Quartzo %	2	2	2	6	6
φ dom. mm	0,05-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5	>0,5	>0,5
Opacos %	3	3	3	4	4
3) Vazios %	20	20	20	20	20
Tipos	fis.cav.	fis.cav.	fis.cav.	cav.fis.	cav.fis.
4) Pedalidade	apedal	apedal	esb.peds peds	esb.peds peds	esb.peds peds
II - FEIÇÕES PEDOLÓGICAS					
1) Glêbulas	mt.	mt.	mt.	mt.	mt.
2) Pedotubos	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.
3) Cutãs	^{Fe} Fe+arg	Fe+arg	Fe+arg	incorp.	aus.

TABELA 13 - Dados Micromorfológicos do Perfil HBA 5 - PE

Hz	B ₃	B ₂₂	B ₂₁
Prof. Amost. (cm)	85	60	50
I - FUNDO MATRICIAL			
1) Plasma %	87	80	80
Sep. plasm.	aus.	med.	med.
2) Esqueleto %	3	5	5
Quartzo %	1	2	2
φ dom. mm	0,05-0,5	0,05-0,5	0,05-0,5
Opacos %	2	3	3
φ dom. mm	<0,3	<0,2	<0,2
3) Vazios %	10	15	15
Tipos	fis.	fis.cav.	fis.cav.
4) Pedalidade	apedal	esb. peds	esb. peds
II - FEIÇÕES PEDOLÓGICAS			
1) Glêbulas	med.	med.	med.
2) Pedotubos	aus.	aus.	aus.
3) Cutãs	Fe Fe+arg.	Fe+arg.	Fe+arg.

TABELA 14 - Dados Micromorfológicos do Perfil HBA 12 - PE

do exame da fração areia, apresentavam um aspecto tal que poderiam ser confundidos com micas do tipo muscovita, como já salientado por Novikoff (1970), que as chamou de "*micas leitosas*".

São ressaltados abaixo, alguns aspectos referentes a micromorfologia dos Podzólicos.

2.2.1. Esqueleto

O esqueleto desses solos é representado, sobretudo, por opacos (magnetitas) que se apresentam bastante alterados e com distribuição crescente, em direção ao topo dos perfis. Vem a seguir o quartzo, encontrado em pequena quantidade, apresentando-se em grãos de diâmetro muito variado, e aspecto corroído. O zircão ocorre em número reduzido em todos os níveis dos perfis sem apresentar indícios de alteração.

2.2.2. Plasma

O volume do plasma decresce em direção ao topo; as separações plásmicas são ausentes até o B_3 e aparecem medianamente desenvolvidas no B_2 .

2.2.3. Vazios

A rede de vazios tem seu volume praticamente inalterado ao longo dos perfis. De fissuras bem desenvolvidas no C, passa a cavidades nos horizontes mais pedoplasmados. O número de vazios cresce em direção à superfície do solo, porém o diâmetro dos mesmos diminui.

2.2.4. Pedalidade

Os horizontes C são caracterizados pela inexistência de peds; no horizonte B_3 eles são esboçados aparecendo já alguns formados no horizonte B_2 .

2.2.5. Feições Pedológicas

Aparecem bem representadas nesta classe de solo com destaque para o grande número de glêbulas ferruginosas, presentes em todos os níveis, porém com uma distribuição decrescente com a profundidade. O estudo micromorfológico mostrou, ainda, a existência de grande quantidade de ferriargilãs no horizonte C, forrando as paredes dos vazios. Ocorre tanto em fissuras que cruzam diferentes tipos de plasma, como circundando pseudomorfozes de piroxênios. A mobilidade do material cutânico parece não ser muito grande desde que os cutãs não chegam a acompanhar nenhuma fissura completamente, isto é, são somente trechos dos vazios que são preenchidos. No caso do perfil HBA 5, grande parte dos cutãs já desapareceram no horizonte B₃, estando quase ausente no B₂. No perfil HBA 12 os ferriargilãs subsistem ainda no B₂ porém em menor quantidade que no C.

3. CAMBISSOLO

Os Cambissolos Distróficos da área, como já mencionado anteriormente, desenvolvem-se sobre o produto da alteração in situ e sobre material remanejado, sendo este proveniente da alteração de rochas granulíticas e ao que tudo indica, tendo sofrido transporte a pequena distância.

A análise da rocha sobre a qual se desenvolve o Cambissolo estudado, mostrou tratar-se de um piriclasito de estrutura foliada tendo em sua composição plagioclásios, piroxênios (clino e orto), anfibólio (hornblenda), quartzo e biotita; como acessórios, opacos, zircão e apatita.

A rocha inalterada exhibe indícios de transformações endógenas, onde os plagioclásios mostram alteração leve para sericita e mais pronunciada para clorita do tipo penina e carbonato de cálcio. Este também ocorre substituindo piroxênios

(diopsídio). As lâminas estudadas mostram grandes fraturas preenchidas por calcita microcristalizada.

Blocos de rochas alteradas in situ, constituintes dos horizontes IIC₂ e B₃₂, indicam um processo de alteração muito forte sobre os minerais dando formação a um plasma predominantemente caolinítico, com aspecto estriado, de coloração branco acinzentado (Luz Natural), cortado por fissuras de diâmetro variável, preenchidas parcialmente por óxidos de ferro de cor bruna. Fragmentos de quartzo de diversos diâmetros e aspecto corroído ocorrem dispersos neste plasma com uma distribuição do tipo porfirosquêmica. Os maiores indivíduos atingem 1,5 mm e estão bastante fraturados e quebrados. Clorita do tipo penina ocorre geralmente próximo a fraturas e fissuras, estas provavelmente herdadas da rocha mãe. As cloritas representam relíquias pois, decorrentes da alteração endógena de hornblendas, persistem nestes níveis do solo sem aparentemente sofrer nenhuma alteração.

Argilãs de diferentes gerações preenchem fissuras, parecendo os mais antigos constituídos por nontronita (coloração verde claro) e os mais recentes por caolinitas misturadas a hidróxidos de ferro (coloração amarelo claro). Pseudomorfoses caoliníticas ocorrem em biotitas.

Glêbulas de coloração bruna, formas arredondadas, nitidez de limites e composição ferrífera estão presentes no plasma como feições pedológicas.

Nos horizontes mais superficiais modificações vão ocorrer no fundo matricial desse solo. Os horizontes selecionados para análise mostram a ocorrência de um pedoplasma de coloração amarelo brunado composto por caolinitas, hidróxidos de ferro e alumínio e pequena quantidade de dois minerais a 14Å (esmectita e clorita). Zonas de coloração levemente avermelhada são percebíveis; apresentam continuidade com o plasma dominante.

O volume total do plasma varia de 30 a 40%, sendo comum no horizonte B a presença de separações plásmicas com orientação esquelépica e vosepica as quais desaparecem quase que totalmente no horizonte A. Zonas de plasma de cor branco acinzentado (Luz Natural) e formas arredondadas com limites nítidos, compostas por caolinitas microcristalizadas, ocorrem nesses níveis. A sua origem tanto pode estar ligada a cristalização do mineral a partir de soluções ricas em Si e Al como a partir de fragmentos de rocha alterados in situ. Cutões argilosos ocorrem no horizonte B.

O esqueleto é composto sobretudo por quartzo, com os maiores indivíduos atingindo no seu maior eixo 1,5 mm. Apresentam-se fraturados, quebrados, estando algumas das fraturas preenchidas por hidróxidos de ferro. Dominam os grãos de tamanho médio (ϕ entre 0,05 e 0,5 mm). Fenômeno de extinção ondulada indicam terem eles sofrido, ou melhor a rocha, esforços tectônicos: a extinção não se faz simultaneamente, e ao girar-se a platina, observa-se uma onda de contorno suave que se propaga de um bordo a outra da seção. Grãos de zircão ocorrem em maior número nestes níveis que nos precedentes. A magnetita está presente, ocupando 3% de volume total, em grãos de diâmetro inferior a 0,3 mm dominando aqueles entre 0,05 e 0,1 mm. Presença de apatita não alterada, piroxênio pouco alterado e pseudomorfoses caoliníticas a partir de biotitas, tudo em número reduzido. Clorita parece alterar-se em nontronita.

Os vazios ocupam 20% do volume total e alguns encontram-se preenchidos por ferriargilãs; são do tipo cavidades e canais.

Os pedrs encontram-se já individualizados e apresentam formas subangulares e diâmetro de ~ 2 mm.

Glêbulas de diâmetros diversos e composição ferrífera proveniente da alteração de magnetitas, aparecem. Algumas apre

sentam indícios de destruição com parte do seu plasma já englobado por aquele dominante no fundo matricial.

4. DISCUSSÃO

Em regiões tropicais úmidas a alteração atua dando origem a mantos de intemperismo bem profundos; nestes, podemos separar 2 domínios: o das isalteritas, onde ocorre a destruição dos minerais primários com desenvolvimento de novas espécies e conservação da estrutura geral da rocha mãe; o segundo domínio diz respeito as aloteritas, onde dominam os processos de pedoplasmação (formação do plasma do solo, Flach et al, 1968) apresentando textura mais fina que aquela dos materiais de alteração, superfície específica mais elevada e capacidade de dilatação maior, induzindo a uma nova estruturação dos materiais.

4.1. Mecanismos de Agregação nos Latossolos

Os Latossolos estudados exibem uma heterogeneidade discreta entre os horizontes, traduzida por nuances de cores, variação de porosidade e consistência. Estas variações caracterizam uma sequência de etapas que se sucedem até o topo do perfil permitindo a formação dos chamados horizontes B latossólicos que permitem o reconhecimento desses solos. Esta série de etapas que leva a agregação das partículas nos Latossolos (Figura 41), é responsável macromorfológicamente por diferentes tamanhos e graus de desenvolvimento dos agregados ao longo dos perfis.

Micromorfológicamente, o estágio inicial da agregação ocorreria através de uma fase argilosa, de coloração vermelho amarelada de aspecto heterogêneo, devido a existência de pontuações de cores diversas. O plasma desses níveis apresenta-se fracamente orientado com estrutura insepíc. A porosidade é representada por fissuras do tipo juntas (joint planes). O material é totalmente apedal.

HOR. B₂

PLASMA AMARELO COM MICROPEDS TOTAL OU
PARCIALMENTE INDIVIDUALIZADOS

PSEUDOMORFOSE EM PIROXÊNIO

HOR. B₂ HOR. B₃

PLASMA DENSO VERM. AMARELADO

FISSURAS TIPO JUNTAS

ESQUELETO QUARTZOSO

MAGNETITA

FIG. 41 - SEQUÊNCIA EVOLUTIVA DO MECANISMO DE AGREGAÇÃO NOS LATOSSOLOS.

A fase seguinte é representada por um plasma mais homogêneo na sua coloração (dominando ainda os tons vermelhos), onde as separações plásmicas adquirem um grau médio de desenvolvimento. Aumentam as fissuras, ocorrendo já vazios do tipo cavidades. A integração caolinitas-hidróxidos de ferro torna-se mais íntima, com desaparecimento completo das macrocaolinitas e das pseudomorfoses em biotitas e piroxênios. Inicia-se o desenvolvimento de uma rede de vazios que contorna volumes arredondados do plasma, terminando por individualizá-los. Atinge-se então a formação dos horizontes aliáticos (Muller, 1977), onde micropeds com diâmetro médio de 2 mm estão totalmente ou parcialmente individualizados por uma rede de vazios que também caracteriza o horizonte B dos Latossolos.

Pedro et al (1976) traçou a evolução micromorfológica de Terras Roxas Legítimas e correlacionou o desenvolvimento das mesmas a uma série de eventos de caráter geoquímico que levaria ao final, a formação de um meio fortemente dessaturado com instalação de um novo pedoplasma constituído de argilas ferrisadas e de óxidos de ferro associados, sob a forma de pseudo-partículas francamente inativas.

Beaudau & Chatelin (1979) estudando a microagregação de Latossolos Vermelhos concluíram que a mesma é condicionada por mecanismos geoquímicos e pelas interações de superfície entre caolinitas e substâncias ferruginosas.

Percebe-se que uma importante feição na caracterização dos Latossolos é representada pela estrutura e que esta tem seu desenvolvimento propiciado, ao que tudo indica, por fatores de ordem química aliados àqueles de ordem física e até mesmo biológica como observado por Chauvel et al (1983).

4.2. Mecanismos de Agregação nos Podzólicos

No caso dos Podzólicos os mecanismos de agregação não apresentam uma sucessão de etapas, como observado nos Latossolos. Aqui, o fraco grau de desenvolvimento do plasma é responsável pela formação de uma estrutura sobretudo grosseira e com médio grau de desenvolvimento.

Micromorfologicamente, tem-se em profundidade um alteroplasma onde se sucedem as pseudomorfoses de piroxênios, biotitas, relíquias de pseudomorfoses, macrocaolinitas, etc. Este material está sujeito a uma grande mobilidade devido ao efeito de contração e dilatação por modificações no teor de umidade. Desenvolve-se uma rede de fendas de grande diâmetro que tende a isolar grossos volumes. As argilas microcristalizadas e dispersas unem-se a hidróxidos de ferro e migram através dos poros, terminando por depositar-se sobre forma de cutãs.

O processo de microdivisão das partículas continua, levando cada vez mais a homogeneização do plasma, com uma assimilação e digestão das ilhas de alteroplasma.

Com a continuação do processo, nova rede de vazios é criada havendo uma intergração paulatina dos cutãs anteriormente formados, ao plasma em transformação; até sua completa assimilação, estas relíquias permanecem sob forma de papulas de argilas orientadas.

Nettleton et al (1969) sugere que um alto potencial de dilatação e contração nos solos impede a formação de cutãs, podendo também destruir aqueles já existentes. Nos Podzólicos estudados, sobretudo naqueles horizontes onde domina um alteroplasma em fase de evolução, os materiais apresentam forte poder de contração e dilatação podendo ser ele o responsável pela destruição dos cutãs.

No horizonte B₂, o processo de homogeneização do plasma ainda não é total; zonas com diferentes fases do processo é perceptível. Uma rede de vazios de diferentes tipos já instalou-se, subdividindo o material e permitindo uma maior atuação dos processos que levam a uma mais rápida evolução desses materiais. A coloração, em lâminas delgadas, como nos Latossolos, evolui do vermelho para o amarelo (Luz Polarizada), à medida que a pedoplasmação avança.

4.3. Mecanismos de Agregação nos Cambissolos

A agregação dos Cambissolos apresenta 2 fases distintas: uma relativa ao alteroplasma, que é semelhante àquelas anteriormente descritas e outra que diz respeito aos horizontes pedoplasmados. Nestes, tem-se uma agregação que não processou-se em sua totalidade in situ, tendo em vista o processo de remanejamento a que grande parte do material de origem desses solos foi submetido. Supõe-se que a fase de microdivisão das argilas, assim como sua integração com os hidróxidos de ferro, tenham ocorrido numa fase anterior a colocação do material no local onde o solo desenvolveu-se. Os materiais translocaram-se já como micropeds, visto que estes remanejamentos não devem ter ocorrido a grandes distâncias, facilitando o desenvolvimento de uma rede de vazios importante. Alguns minerais, ainda não alterados ou em fase de alteração, que faziam parte do conjunto, foram aí intemperizados, sendo estas alterações tardias presumivelmente as responsáveis pela formação de alguns cutões encontrados nestes níveis.

CAPÍTULO VI

AS RELAÇÕES ENTRE OS SOLOS E O RELEVO

A esculturação de diferentes superfícies geomorfológicas no final do período Terciário e no Quaternário, sobretudo no Pleistoceno, teve um papel muito importante na pedogênese da área e consequentemente na distribuição dos diversos tipos de solo aí encontrados.

Pedologicamente, a área é caracterizada por dois grandes conjuntos: o primeiro representado por Latossolos que se apresentam com graus de evolução diversos e que, grosso modo, ocupam a unidade geomorfológica dos Tabuleiros Pré-Litorâneos. O segundo conjunto é caracterizado pela presença de Podzólicos e Cambissolos. A colocação destas duas classes em um só conjunto deve-se ao grau de evolução dos solos, pois ambas as classes apresentam-se como resultantes de uma pedogênese recente. Correlacionam-se, de maneira geral, as unidades geomorfológicas das Serras e Maciços Pré-Litorâneos e a Depressão de Itabuna.

No período Terciário, no Eógeno (entre o Eoceno e o Oligoceno), foi elaborada uma vasta superfície pediplanada que ocupou toda parte centro-oriental da Bahia, atingindo a área estudada. Esta superfície foi identificada por King (1956) como Superfície Sul-Americana, tendo Tricart & Silva (1968) denominado-a de Superfície Eógena.

Após o Eógeno, no Mioceno, toda a área foi afetada por condições de umidade importante (Tricart & Silva, op. cit.) o que provocou alteração profunda e dissecação do relevo. Este aumento nas condições de umidade, resultou na alteração e carreamento das alteritas, levando ao escavamento da Depressão de Itabuna.

No Neógeno (entre o Mioceno e o Plioceno) ocorreram novas fases de dissecação e aplainamento que culminaram com a deposição de coluviões na área dos Tabuleiros Pré-Litorâneos. Esta deposição foi seguida de uma fase de latossolização que perdurou no início do Pleistoceno (Projeto Radambrasil, 1981).

Nos Latossolos estudados as evidências morfológicas são muito discretas para afirmar-se a existência do material remanejado recobrando o manto de alteração; a relação areia fina/areia grossa apresentada pelos perfis estudados também não oferece subsídios suficientes para tal afirmação. Ela apresenta oscilações de pequena monta e não bem marcadas, podendo ter-se originado das variações apresentadas pela composição mineralógica da rocha (faixas mais quartzosas) ou na sua própria granulação.

Mas, dois fatos apresentados pelos Latossolos estudados, oferecem indícios da existência de uma cobertura residual não muito espessa, sobre a unidade dos Tabuleiros Pré-Litorâneos. O primeiro deles é representado pelo crescimento nos teores de magnetita nos horizontes A e B desses solos; em profundidade os teores do mineral são mais baixos, além de seus grãos apresentarem-se bastante alterados (horizontes B₃ e C). Explicação plausível para este fato é possível, admitindo-se a existência de material coluvial sobre o manto de alteração. Por ocasião do retrabalhamento, os coluviões enriqueceram-se em grãos de magnetita de menor alterabilidade, o que teria provocado a concentração do mineral nos horizontes formados às expensas deste material. A relação ferro livre/ferro total é, portanto, mais baixa nestes níveis que nos horizontes mais profundos. Esta relação é frequentemente utilizada como indicador do grau de evolução dos solos, porém, para os Latossolos aqui estudados, não parece aconselhável o seu uso, desde que a mineralogia dos argilominerais pouco varia, devendo-se as variações da relação tão somente a maior ou menor presença de óxidos.

O outro fato que aponta em direção à existência dos materiais remanejados é a ocorrência de pseudomorfoses ainda bem conservadas, sobre granadas e piroxênios, no horizonte B dos Latossolos (HBA 4 e HBA 8). A presença dessas pseudomorfoses seria assim explicada: alguns minerais primários alteráveis integravam os materiais que compunham os coluviões; concomitante aos processos de pedoplasmação sofrido por eles, ocorreu a alteração dos minerais (granada e piroxênio), não havendo transcorrido tempo suficiente para a integração dos hidróxidos de ferro das pseudomorfoses, ao plasma do fundo matricial.

O Quaternário foi um período marcado por variações climáticas importantes, relacionadas às glaciações e que levaram às oscilações nos níveis de base e nos movimentos eustáticos.

O quadro geomórfico na área estudada foi bastante afetado pelos eventos que tiveram lugar no Pliopleistoceno; este período foi caracterizado por ciclos erosivos que degradaram as formas nos períodos mais secos e pelas incisões nos períodos mais úmidos.

A área dos Tabuleiros Pré-Litorâneos, após a fase de latossolização, sofreu um aumento do gradiente que permitiu o entalhamento dos vales e uma dissecação profunda nesta superfície. Foi esta dissecação a responsável pela existência de Latossolos com diferentes graus de evolução. Os mais desenvolvidos ocupam os topos das colinas onde a cobertura coluvial foi mais preservada e aqueles de menor grau de desenvolvimento localizam-se próximos aos entalhes da drenagem, onde a retirada de material foi mais importante. Como estes depósitos coluvionares não apresentam grande espessura, os horizontes B₃ e C são sempre desenvolvidos sobre materiais in situ.

É em decorrência deste histórico que dominam nesta unidade geomorfológica, solos profundos, com elevado grau de de

envolvimento. Os teores da fração argila são sempre elevados e a relação silte/argila, usada como indicador do grau de intemperismo dos solos (Van Wambeke, 1962), apontam um alto grau de evolução dos perfis. A existência de empobrecimento em argila, nos horizontes superficiais, faz com que a relação seja um pouco mais elevada em superfície, não caracterizando contudo a existência de translocação do material, como demonstrado pelas análises micromorfológicas. A causa do empobrecimento superficial, como citado por Melo (1978) *"deve relacionar-se a translocação lateral, erosão, atividade biológica na superfície e a destruição das argilas pela acidólise que é favorecida pelo pH ácido desses solos"*. A mineralogia desses solos é representada por argilominerais 1:1, goethita, gibbsita e quartzo. Devido a intensa lixiviação a que foram le estão submetidos, apresentam pH ácido e um complexo de troca dessaturado.

Data também do Pliopleistoceno a elaboração da unidade das Serras e Maciços Pré-Litorâneos. Atingida por ciclos sucessivos de alteração, dissecação e erosão, sofreu neste período a retirada do manto de alteração e solos, ocasionada pela instalação de um clima com chuvas concentradas (Tricart, 1959). Esta retirada foi propiciada pela existência de uma rede de drenagem importante representada pelos rios Almada e Cachoeira (**Figura 7**) que se dirigem à Depressão de Itabuna (escavada no Mioceno e retocada no Pliopleistoceno) a qual apresenta uma saída para o mar. Mais ao norte, os afluentes da margem direita do rio de Contas, funcionaram como canais de escoamento.

Estes fatos, que culminaram com o desentulhamento dos materiais pré-existentes, são os responsáveis por uma pedogênese recente nestas unidades geomorfológicas. Apesar da atuação de um clima úmido sem estação seca e alta taxa de umidade, o tempo de exposição da rocha ao ataque dos processos de alteração e à pedogênese não foi suficiente para formar solos com alto grau de desenvolvimento. Daí a dominância na área de solos medianamente desenvolvidos (Podzólicos) apresentando ain

da minerais primários passíveis de sofrer alteração na sua fração areia (**dados em anexo**), blocos rochosos na massa do solo, além de fraco grau de organização pedológica. O complexo de troca é classificado como eutrófico e a paragénese secundária é aqui mais complexa que no caso dos Latossolos, apresentando espécies mineralógicas próprias de ambientes mais ricos em cátions como o silício e as bases.

Os Cambissolos que ocorrem tanto na Depressão de Itabuna, como nas Serras e Maciços Pré-Litorâneos, podem ter duas origens, de acordo com os materiais parentais: serem formados de rochas granulíticas, alteradas in situ, geralmente ocupando posições elevadas no relevo, ou áreas topograficamente mais baixas, quando se desenvolvem sobre uma capa delgada de materiais remanejados. Este é o caso do Cambissolo estudado, cuja presença de materiais transportados foi observada através de aspectos morfológicos do perfil como também da análise da relação areia fina/areia grossa.

Apesar dos materiais transportados conterem alguns minerais primários alteráveis, no caso dos Cambissolos, estes não são suficientes para reverter as características de distrofia forte apresentada por estes solos. Isto é decorrente da própria natureza do material de origem, já bastante lavado quando de sua deposição. A alteração que se processa sobre a rocha nos horizontes de profundidade também apresenta estas características, porém um pouco atenuadas.

RESUMO

Pleistoceno				. Latossolização e Dissecação dos Tabuleiros Prê-Litorâneos
Plioceno	<	Pliopleistoceno	<	. Desentulhamento das Serras e Maciços Prê-Litorâneos
				. Retoques na Depressão de Itabuna

Plioceno
Mioceno < Neógeno < Deposição dos Coluviões

Mioceno < Escavamento da Depressão de Itabuna

Oligoceno
Eoceno < Eógeno < Elaboração de vasta superfície pediplanada

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas transformações sofridas pelos minerais componentes das rochas granulíticas no Sul da Bahia observa-se que, de um número relativamente alto de minerais, passa-se a um resíduo de alteração grandemente simplificado, representado predominantemente por minerais da família da caolinita, sesquióxidos metálicos livres como goethita e gibbsita, além de espécies pouco alteráveis como o quartzo; estes minerais, como citado por Chatelin (1974) compõem o chamado cortejo ferralítico típico.

A existência de um clima úmido com temperaturas elevadas aliado a um meio bem drenado, portanto oxidante, permite uma alteração forte, caracterizada pela exportação de parte da sílica e quase totalidade dos alcalinos e alcalinos terrosos o que leva a simplificação da paragênese supérgena; em alguns casos, resta ainda nesta paragênese, um pouco de minerais primários alteráveis, p. ex., biotitas e algumas espécies novas transitórias, como as esmectitas, encontradas sobretudo nos Podzólicos.

Neste meio, os piroxênios alteram-se para hidróxidos de ferro, geralmente através de uma fase amorfa; no princípio da alteração, quando o sistema poral é fracamente desenvolvido, com pequeno número de fissuras que não são interconectadas, há formação de nontronita. Esta fase na alteração dos piroxênios é muito efêmera pois com o prosseguimento da alteração o meio torna-se mais aberto havendo mobilização do Si e formação única de hidróxidos de ferro.

Os plagioclásios apresentam, como os piroxênios, diferentes comportamentos frente a alteração, os quais são comandados pelas condições de drenagem.

Nos meios fortemente drenados o mineral altera-se diretamente em gibbsita numa pseudomorfose porosa característica; quando a eficiência da drenagem é diminuída, parte da sílica permanece no local participando da formação dos novos edifícios cristalinos representados por minerais da família da caolinita. Uma fase amorfa anterior a formação do mineral é suposta.

As biotitas, por alteração, dão formação a caolinitas, ocorrendo em alguns casos, uma fase esmectítica de transição; esta é regulada pelas características do meio, sendo necessário para a sua existência uma certa riqueza em cátions básicos e Si. Assim:

Outros minerais, como a magnetita e granada, alteram-se em hidróxidos de ferro, porém com velocidades distintas

tas. A granada é totalmente intemperizada nos primeiros estágios da alteração, enquanto a magnetita permanece durante muito mais tempo no perfil sendo frequentemente encontrada nos horizontes A dos perfis estudados.

Granada
Magnetita $\longrightarrow$ Ferrihidrita $\longrightarrow$ Goethita

Estas transformações vão formar o que é comumente designado por horizontes isalteríticos que correspondem a níveis que não sofreram ainda os processos de pedoplasmação; algumas pseudomorfozes são ainda visíveis, como aquelas provenientes da transformação de piroxênios em hidróxidos de ferro e de biotitas em caolinita + hidróxidos de ferro.

Os horizontes alteríticos estudados reproduzem, grosso modo, as variações da rocha; o aspecto foliado, tão comum nas rochas granulíticas da área, com alternância das bandas de minerais máficos e de minerais claros é reproduzido através de áreas com pseudomorfozes claras caoliníticas justapostas àquelas fortemente coloridas pelo ferro.

É sobre este "resíduo" da alteração que atuarão os processos de pedoplasmação levando a uma associação estreita dos minerais residuais componentes da fração areia e/ou silte, dos filossilicatos e dos sesquióxidos, dando uma nova organização aos materiais e levando à formação do solo propriamente dito.

A atuação dos processos de pedoplasmação tem início quando modificações ocorrem neste alteroplasma, representadas por fragmentação das caolinitas, penetração dos hidróxidos de ferro nas áreas ocupadas pelos minerais caoliníticos e interação argila-hidróxido de ferro. Estas modificações são acompanhadas por esforços de dilatação e contração do material, desenvolvimento de separações plásmicas e posterior individuali-

zação de volumes (micropeds). A porosidade do material é aumentada e ocorrem mudanças na conformação dos vazios.

No caso dos Latossolos, esta sequência evolutiva descrita, aparece em sua totalidade e de maneira bem marcante. Já nos Podzólicos e Cambissolos, o menor grau de desenvolvimento dos perfis e conseqüentemente variações geoquímicas e mineralógicas do material não permitem uma evolução bem marcada como no caso dos Latossolos. A interação argila-hidróxidos de ferro não é total, com o plasma apresentando aspecto heterogêneo, principalmente os Podzólicos, e peds apenas esboçados.

Nos solos estudados, a interação argila-hidróxidos de ferro parece desempenhar um papel muito importante na pedogênese, tanto no aspecto estrutural como mineralógico. Ao que tudo indica, é esta interação a responsável pelo baixo grau de cristalinidade das caolinitas e dos hidróxidos de ferro, assim como pela existência de haloisitas em horizontes do solo, em perfis com forte grau de desenvolvimento como o Latoso solo variação Una.

RELAÇÃO DE FOTOS

Foto 1 - Início da alteração de piroxênio em esmectita. Microscópio óptico, luz natural.

Foto 2 - Pseudomorfose de hidróxido de ferro em piroxênio, com preenchimento de gibbsita. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 3 - Fase inicial da alteração de plagioclásios. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 4 - Hidróxidos de ferro invadindo rede de fissuras em plagioclásios que se alteram em gibbsita.

Foto 5 - Ilhas de feldspatos em meio à pseudomorfose gibbsítica. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 6 - Relíquia de pseudomorfose esmectítica sobre biotita, ao lado de pseudomorfose caolinítica também sobre biotita, em meio ao alteroplasma. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 7 - Alteração de magnetita em hidróxidos de ferro em meio ao plasma argilo-ferruginoso. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 8 - Alteração de granada em goethita de diferentes gerações. Microscópio óptico, luz polarizada.

Foto 9 - MET x 50.000. Morfologia placóide de argila caolinítica da fração argila grossa no horizonte C₂ do Latossolo variação Una. (Perfil HBA 4).

Foto 10 - MET x 20.000. Aspecto de argilas com morfologia tubular e em placas da fração argila fina do horizonte C₂ do Latossolo variação Una (Perfil HBA 4).

Foto 11 - MET x 50.000. Morfologia em tubos longos e em placas da fração argila do horizonte C_1 em Latossolo Vermelho Amarelo. (Perfil HBA 6).

Foto 12 - MET x 50.000. Idem foto 11.

Foto 13 - MET x 30.000. Morfologia em tubos longos (haloissitas)? e placôis de (caolinitas) de argilas contidas no horizonte C de Latossolo Vermelho Amarelo (Perfil HBA 8).

Foto 14 - MET x 60.000. Morfologia em tubos e em placas de haloissitas (7A) e caolinitas respectivamente, da fração argila grossa (B₂₁) em Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (Perfil HBA 5).

Foto 15 - MET x 40.000. Idem foto 14 em horizonte B₃.

Foto 16 - MET x 40.000. Haloisitas ($7\text{\AA}$) em tubos curtos e caolinitas (em placas) em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (Perfil HBA 12).

BIBLIOGRAFIA CITADA E COMPLEMENTAR

- ABREU, M.M.S.N.R. - 1986 - Aspectos do comportamento do ferro na crosta de meteorização. Alto e Baixo Alentejo. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa. 250 p.
- ANAND, R.R. & GILKES, R.J. - 1984 - Weathering of hornblende, plagioclase and chlorite in meta-dolerite, Australia. Geoderma, 34:261-280.
- - 1984b - Mineralogical and chemical properties of weathered magnetite grains from lateritic saprolite. Journal of Soil Sci., 35:559-567.
- AOMINE, S. & WADA, K. - 1962 - Differential weathering of volcanic ash and pumice resulting in formation of hydrated halloysite. Am. Mineral., 47:1024-1048.
- ASUMADU, K.; GILKES, R.J.; ARMITAGE, T.M.; CHURCHWARD, H.M. - 1988 - The effects of chemical weathering on the morphology and strength of quartz grains - an example from S.W. Australia. J. Soil Sci., 39:375-383
- AZEVEDO, A.M.V. & SOUZA SANTOS, P. - 1975 - Estudo da utilização do acetato de potássio na identificação de caolinita e haloisita em caulins brasileiros. Cerâmica, 21(83): 191-206.
- BAILEY, S.W. - 1980 - Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. Am. Mineral., 65: 1-7.
- BATES, T.F. & COMER, J.J. - 1959 - Further observations on the morphology of chrysotile and halloysite. Clays and Clay Minerals, 6:237-248.

- BEAUDOU, A.; CHATELIN, Y.; COLLINET, J.; MARTIN, D.; SALA, G. H. - 1977 - Notes sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales d'Afrique. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 1:3-8.
- BEAUDOU, A.G. & CHATELIN, Y. - 1979 - La pédoplasation dans certains sols ferrallitiques rouges de savane en Afrique Centrale. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 1:3-8.
- BISDOM, E.B.A.; STOOPS, G.; DELVIGNE, J.; CURMI, P.; ALTEMULLER, H.J. - 1982 - Micromorphology at weathering biotite and its secondary products. Pédologie, XXXII, (2):225-252
- BOCQUIER, G.; BOULANGÉ, B.; ILDEFONSE, P.; NAHON, D. & MULLER, D. - 1983 - Transfers, accumulation, modes mineralogical transformation and complexity of historical development in lateritic profiles. Proc. of the II Inter. Sem. on Laterisation Processes, São Paulo, 331-343.
- BRASIL. FIBGE - 1968 - Divisão do Brasil em microrregiões homogêneas. Rio de Janeiro.
- BREWER, R. - 1964 - Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley & Sons. London. 470 p.
- - 1983 - A petrographic approach to soil classification. Sci. Géol. Mém., 73:31-40.
- BUOL, S.W. & ESWARAN, H. - 1978 - The micromorphology of oxisols. Proc. of the 5th working meet on soil micromorphology. 1:325-347.
- CALVERT, C.S.; BUOL, S.W.; WEED, S.B. - 1980 - Mineralogical characteristics and transformations of a vertical rock-saprolite-soil sequence in the North Carolina Piedmont: II. Feldspar alteration products - their transformations through the profile. Soil Sci. Am. J., 44:1104-1112.

- _____. - 1980b - Mineralogical characteristics and transformations of a vertical rock-saprolite-soil sequence in the North Carolina Piedmont: I. Profile morphology, chemical composition, and mineralogy. Soil Sci. Am. J., 44:1096-1103.
- CARLSON, L. & SCHWERTMANN, U. - 1981 - Natural ferrihydrites in surface deposits from Finland and their association with silica. Geochim. et Cosmochimic Acta., 45: 421-429.
- CERRI, C. & ALOISI, R.R. - 1976 - Alteração do granito de Itu: gênese e evolução dos minerais secundários. In: Congr. da SBCE, 15, Campinas-SP. Anais, 451-455.
- CHAUVEL, A. - 1977 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale a saisons contrastées. Évolution et réorganisation des sols rouges de moyenne Casamance (Sénégal). Travaux et Documents de l'ORSTOM. Paris, 532 p.
- CHAUVEL, A. & PÉDRO, G. - 1978 - Genèse de sols beiges (ferrugineux tropicaux lessivés) par transformation des sols rouges (ferrallitiques) de Casamance (Sénégal). Modalités de leur propagation. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 16(3):231-249.
- CHAUVEL, A.; SOUBIES, F. & MELFI, A.J. - 1983 - Ferralitic soils from Brazil: formation and evolution of structure. Sci. Geol., Mém., 72:37-46.
- CHATELIN, Y. - 1974 - Les sols ferrallitiques - l'altération. Initiations-documentations techniques. ORSTOM, Paris, 144p.
- CHATELIN, Y & MARTIN, D. - 1972 - Recherche d'une terminologie typologique aux sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. 10(1):25-44.

- CONCEIÇÃO, T.M.L.; MONIZ, A.C.; OLIVEIRA, J.J.; SIEFFERMANN, G. - 1974 - Les sols à montmorillonite sur gneiss de la zone tropicale humide de l'état de Bahia. Signification paléoclimatique. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 12(2):137-143.
- CORDANI, U.G. - 1973 - Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória. Tese de Livre Docência apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 98 p.
- DE ENDREDY, A.S. - 1963 - Estimation of free iron oxides in soils and clay by a photolytic method. Clay Miner. Bull., 29(5):209-217.
- DELVIGNE, J. - 1981 - Curso de micromorfologia das alterações minerais. Datilografado. 149 p.
- DELVIGNE, J. - 1983 - Micromorphogy of the alteration and weathering of pyroxenes in the koua bocca ultramafic intrusion, Ivory Coast, Western Africa. Sci. Géol., Mém., 72:57-68.
- DOUGLAS, L. A. & PLATT, D. W. - Surface morphology of quartz and age of soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:641-645
- EMBRECHTS, J. & STOOPS, G. - 1982 - Microscopical aspects of garnet weathering in a humid tropical environment. J. Soil Sci., 33:535-545.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - 1977 - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Bahia: margem direita do Rio São Francisco. Recife, 738 p. (Bol. Tec. 52, v. 1).
- ESWARAN, H. & BIN, W.C. - 1978a - A study of a deep weathering profile on granite in Peninsular Malaysia: I. Physico-chemical and micromorphological properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(1):144-149.

- _____. - 1978b - A study of a deep weathering profile on granite in Peninsular Malaysia: II. Mineralogy of the clay, silt, and sand fractions. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(1):149-153.
- _____. - 1978c - A study of a deep weathering profile on granite in Peninsular Malaysia: III. Alteration of feldspar. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(1):154-158.
- ESWARAN, H. & HENG, Y.Y. - 1976 - The weathering of biotite in a profile on gneiss in Malaysia. Geoderma, 16: 9-20.
- FLACH, K.W.; CADY, J.G.; NETTLETON, W.D. - 1968 - Pedogenetic alteration of highly weathered parent materials. Intern. Congr. Soil Sci., 9, Adelaide, 4:343-351.
- FUJIMORI, S. - 1975 - Halosita no embasamento cristalino de Salvador (BA). Rev. Bras. Geoc., 5(4):267-273.
- GASTUCHE, M.C. & DE KIMPE, C. - 1962 - La genèse des minéraux argileux de la famille du kaolin. II - Aspect cristallin. In: Gênèse et synthèse des argiles. CNRS. Paris, 67-81.
- GILKES, R.J. & SUDDHIPRAKARN, A. - 1979 - Magnetite alteration in deeply weathered adamellite. Jour. of Soil Sci., 30: 357-361.
- GLASMANN, J.R. & SIMONSON, G.H. - 1985 - Alteration of basalt in soils of western Oregon. Soil Sci. Soc. Am. J., 49: 262-273.
- HERBILLON, A.J.; MESTDAGH, M.M.; VIELVOYE, L.; DEROUANE, E.G. - 1976 - Iron in kaolinite with special reference to kaolinite from tropical soils. Clay Minerals, 11:201-220.

- HUGHES, J.C. - 1980 - Crystallinity of kaolin minerals and their weathering sequence in some soils from Nigeria, Brazil and Colombia. Geoderma, 24:317-325.
- IBANGA, I.J.; BUOL, S.W.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. - 1983 - Iron oxides in petroferric materials. Soil Sci. Soc. Am. J., 47(6):1240-1246.
- INDA, H.A.V. & BARBOSA, J.F. - 1978 - Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000. Salvador. SME, Coordenação da Produção Mineral, 122 p.
- INIGUEZ RODRIGUEZ, A.M. - 1981 - Basaltic and rhyolitic rocks as parent materials of halloysite in Argentine deposits. Proc. Int. Clay Conf. Bolonha and Pavia, 605-613.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. - 1983 - Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. Geoderma, 29:27-39.
- KING, L.C. - 1956 - A geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. Bras. Geogr., 18(2):147-265.
- LEÃO, A.C. & GOUVEA, J.B.S. - s.d. - Ecossistema da região cacauzeira baiana. Informe Preliminar. Itabuna. CEPEC. Inédito.
- LELONG, F. & MILLOT, G. - 1966 - Sur l'origine des minéraux micacés des altérations latéritiques. Diagenèse régressive. Minéraux en transit. Bull. Carte géol. Als. Lor., 19(3-4):271-285.
- MACKENZIE, R.C. (Ed.) - 1966 - The differential thermal investigation of clays. Mineralogical Society, London, 2nd ed, 456 p.

- MASCARENHAS, J.F. et al - 1976 - Projetos Bahia, Bahia II, Sul da Bahia, geologia da região centro-oriental da Bahia; relatório integrado. Salvador, DNPM/CPRM. 2v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2614), v. 1.
- MEHRA, U.B & JACKSON, M.L. - 1960 - Iron oxide removal from soils and clay by dithionite - citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: National Conference Clay and Clay Mineralogy, 7, London, Pergamon press, p. 317-327.
- MELFI, A.J. - 1971 - Influência da sílica na evolução dos geles amorfos de ferro (III): estudo experimental simulando condições tropicais úmidas e bem drenadas. Tese de Livre Docência, apresentada ao Inst. de Geoc. e Astron. da USP, 90 p.
- MELO, A.A.O. - 1978 - Pedogênese, classificação e fertilidade de solos desenvolvidos de granulitos intermediários no Município de Uruçuca - Bahia. Tese de Mestrado, Univ. Fed. da Bahia.
- MELO, M.L. - 1978 - Regionalização agrária do Nordeste, Série Estudos Regionais 3, SUDENE, Divisão de Política Espacial, Recife.
- MONIZ, A.C.; CONCEIÇÃO, T.M.L.; OLIVEIRA, J.J.; SIEFFERMANN, G. - 1972 - Haloisita e montmorilonita em solos provenientes da alteração de granulitos na área Ilhéus-Jitaúna, Bahia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém-Pa, Anais. 215-220.
- MULLER, J.P. - 1977 - Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques, à l'amont des modelés convexes (Centre-Cameroun). Aspects morphologiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. 15(3):239-258.

- _____. - 1978 - La séquence verticale d'organisation des horizons meubles des sols ferrallitiques camerounais. Variation en latitude en fonction du pédoclimat et de l'âge des sols. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 16(1):73-82.
- MUNSELL COLOR COMPANY - 1971 - Munsell soil color charts. Baltimore, 1971.
- NASCIMENTO, A.C. - 1969 - Método de análise de solos utilizados na Seção de Agrogeologia do Inst. Agron. de Campinas. Datilografado.
- NETTLETON, W.D.; FLACH, K.W.; BRASHER, B.R. - 1969 - Argillic horizons without clay skins. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33: 121-125.
- NOVIKOFF, A. - 1970 - Altération des micas en zone ferrallitique (Massif du Chaillu, République Populaire du Congo). ORSTOM. Brazzaville, 11 p., multigr.
- OJANUGA, A.G. - 1973 - Weathering of biotite in soils of a humid tropical climate. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37:644-646.
- PARISOT, J.C.; DELVIGNE, J.; TOLEDO GROKE, M.C. - 1983 - Petrographical aspects of the supergene weathering of garnet in the "Serra dos Carajás" (Pará, Brasil). Sci. Géol. Mém. 72: 141-148.
- PEDREIRA, A.J. & SOUTO, P.G. - 1972 - Água subterrânea do Centro de Pesquisas do Cacau. Bolet. Tec. (2), Itabuna, Ceplac.
- PEDREIRA, A.J. de C.L. et al - 1976 - Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folha Salvador (SD.24). Brasília, DNPM. 127 p.

- PÉDRO, G. - 1987 - Géochimie, minéralogie et organization des sols. Aspects coordonnés des problèmes pédogénétiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 23(3):169-186.
- PÉDRO, G.; CHAUVEL, A.; MELFI, A.J. - 1976 - Recherches sur la constitution et la genèse des Terra Roxa Estruturada du Brésil. Ann. Agron., 27(3):265-294.
- PENVEN, M.J.; FEDOROFF, N.; ROBERT, M. - 1981 - Altération météorique des biotites en Algérie. Geoderma, 26:287-309.
- . - 1983 - Alteration meteorique des feldspaths en milieu mediterraneen humide. Sci. Géol., Mém., 72:149-160.
- PESSOA, S.C.P. - 1979 - Estudo de uma sequência de perfis de Podzólicos e Latossolos desenvolvidos de granulitos na zona úmida costeira sul do Estado da Bahia. Salvador, Inst. de Geociências da UFBA, Tese de Mestrado, 146 p.
- PESSOA, S.C.P.; RICHÉ, G.R.; RODRIGUES E SILVA, F.B. - 1980 - Desenvolvimento da estrutura de Podzólicos e Latossolos desenvolvidos de granulitos. Pesq. Agrop. Bras., 15(3):310-328.
- PROJETO RADAMBRASIL - 1981 - Levantamento de recursos naturais. Folha SD.24 - Salvador, MME, Rio de Janeiro.
- QUANTIN, P.; FERNANDEZ CALDAS, E. & TEJEDOR SALGUERO, M.L. - 1978 - Sequence climatique des sols récents de la région septentrionale de Tenérife (Îles Canaries). 2^{ème} partie: caractéristiques minéralogiques. Interpretation et classification. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XVI(4):397-412.
- QUANTIN, P.; HERBILLON, A.J.; JANOT, C.; SIEFFERMAN, G. - 1984 - L'halloysite' blanche riche en fer de Vate (Vanuatu). Hypothèse d'un edifice interstratifié halloysite-hisingerite. Clay Minerals, 19:629-643.

- RÊGO, M.J.M. - 1977 - Estudo pedológico e mineralógico de alguns solos da Zona Cacaueira da Bahia. Tese de Mestrado. Universidade Fed. da Bahia, 99 p.
- ROBERT, M. & TESSIER, D. - 1970 - Méthode de préparation des argiles des sols pour l'étude mineralogique. Ann. Agron., Paris, 25:859-882.
- ROSELLO, V.; MULLER, J.P.; ILDEFONSE, P.; BOCQUIER, G. - 1982- Analyse de transformations structurales et minéralogiques, par altération et pédogénèses, d'une migmatite de l'est du Cameroun. Annales de la Faculté des Sciences, 1(1):7-34.
- ROSS, G.J.; KODAMA, H.; WANG, C.; GRAY, J.T. LAFRENIERE, B. - 1983- Halloysite from a strongly weathered soil at Mont Jacques Cartier, Quebec. Soil Sci. A.J., 47:327-332.
- SANTA ISABEL, M.M. - 1979 - Estudo das frações livre e amorfa do ferro em solos da Região Cacaueira da Bahia. Tese de Mestrado, Universidade Fed. da Bahia, 108 p.
- SCHWERTMANN, U. - 1988 - Goethite and hematite formation in the presence of clay minerals and gibbsite at 25°C. Soil Sci. Soc. Am. J., 52:288-291.
- SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D.G.; MURAD, E. - 1982 - Identification of ferrihydrite in soils by dissolution kinetics, differential X-ray diffraction, and mossbauer spectroscopy. Soil Sci. Am. J., 46:869-875.
- SEDDOH, K. & PEDRO, G. - 1975 - Aspects microgéochimiques de l'altération superficielle. Application à l'étude de l'évolution des minéraux dans les arènes granitiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 13(1):7-25.

- SÉGALEN, P. - 1968 - Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. Cah. ORSTOM, Sér. Pedol., 6(1):105-125.
- . - 1971 - La détermination du fer libre dans les sols sesquioxides. Cah. ORSTOM, Sér. Pédo., 9(1):03-27.
- SIGHINOLFI, G.; AZEVEDO, L.S.P.; LINHARES, P.S.; MONIZ, A.C. - 1973 - Mineralogical and chemical variations induced by tropical weathering of granulitic rocks from the brazilian basement. Rev. Bras. Geoc., 3(2):71-83.
- SILVA, L.F. et al - 1975 - Aptidão agrícola dos solos da Região Cacaueira. Rio de Janeiro, CEPLAC. (Diagnóstico Sócio-Econômico da Região Cacaueira, 2).
- SILVEIRA, M. & SOUZA SANTOS, P. - 1959 - Correlação entre a morfologia e a estrutura cristalina na série caolinita-halloysita. Cerâmica, 5(19), 25.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - 1973 - Comissão de Método de Trabalho de Campo. Manual de Método de Trabalho de Campo. Rio de Janeiro, Cia. Vale do Rio Doce, 36 p.
- STOOPS, G.; ALTEMULLER, H.J.; BISDOM, E.B.A.; DELVIGNE, J.; DOBROVOLSKY, V.V.; FITZPATRICK, E.A.; PANEQUE, G.; SLEEMAN, J. 1979 - Guidelines for the description of mineral alterations in soil micromorphology. Pedologie, XXIX, 1:121-135.
- SOUBIES, F. & CHAUVEL, A. - Présentation de quelques systèmes de sols observés au Brésil. Cah. ORSTOM, Sér. Pédo., 21(4): 237-251.
- TARDY, Y. - 1969 - Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse Doc. Etat, Univ. Strasbourg, 199 p.

- TAZAKI, K. - 1978 - Micromorphology of halloysite produced by weathering of plagioclase in volcanic ash. Proc. Int. Clay Conf. Oxford, 415-422.
- _____. - 1981 - Analytical electron microscopic studies of halloysite. Proc. Int. Clay Conf., 573-584.
- TORRENT, J. & BENAYAS, J. - 1977 - Origin of gibbsite in a weathering profile from granite in west-central Spain. Geoderma, 19:37-49.
- TRICART, J. - 1959 - Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central. Boletim Paulista de Geografia. São Paulo. Associação dos Geógrafos Brasileiros, (31):3-44.
- TRICART, J. & SILVA, T.C. - 1968 - Estudo de Geomorfologia da Bahia e de Sergipe. Salvador, Fundação para o Desenvolvimento da Ciência na Bahia/Imprensa Oficial da Bahia, 167 p.
- TRICHET, J. - 1969 - Contribution à l'étude expérimentale des verres volcaniques. Thèse Doc. Etat, Fac. Sci. Paris, 232p.
- VAN WAMBEKE, A. - 1962 - Criteria for classifying tropical soils. J. Soil Sci., 13:124-132.
- VERBEKE, R. - 1969 - Sur un procédé de fabrication de lames minces dans les roches peu cimentées et des sols. Bull. Soc. Géol. de France, 7, XI, pp. 426-433.
- VOLKOFF, B. - 1978 - Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos Latossolos da Bahia. Rev. Bras. Cienc. Sol. 2(55): 9-19.
- VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. - 1979 - Les sols sur roches cristallines formés sous climat sub-tropical humide au Brésil. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., vol. XVII, (3):163-183.

WADA, K. - 1959 - Oriented penetration of ionic compounds between the silicate layers of halloysite. Am. Mineral, 44: 153-165.

———. - 1961 - Lattice expansion of kaolin minerals by treatment with potassium acetate. Am. Mineral, 46:78-91

ANEXOS

ANEXO A

DESCRIÇÃO DOS PERFIS

PERFIL HBA 1

Projeto HBA

Perfil nº 1

Classificação: Cambissolo Distrófico Tb A moderado textura ar
gilosa fase floresta perenefólia higrófila re
levo ondulado.

Localização: Estado da Bahia, Município de Buerarema; perfil
localizado em corte de estrada de barro (Ramal
Piteira), lado esquerdo, 1 km após saída da BR
101, entre Itabuna e Buerarema, 2 km antes desta.

Situação e Declividade: Corte de estrada em área com pastagem,
terço superior de elevação com cerca
de 10% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênio-granulitos.

Material Originário: Material alterado da rocha citada e tam
bem material remanejado do próprio granu
lito.

Relevo Local: Forte ondulado

Relevo Regional: Montanhoso

Erosão: Laminar moderada

Drenagem: Bem drenado

Vegetação Local: Pastagem

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila

Uso Atual: Pastagem

Descrição do Perfil

- A₁ - 0-6cm, bruno amarelado escuro (10 YR 3/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena a média granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- A₃ - 6-25 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca a moderada pequena a média subangular; ligeiramente duro, friãvel, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁ - 25-45 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca muito pequena a pequena subangular; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B₂ - 45-75 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca a moderada pequena a média subangular; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B₃₁ - 75-95 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca a moderada pequena a média subangular; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.
- B₃₂ - 95-110 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca localizada pequena a média subangular; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

IIC₁ - 110-130 cm, material bruno amarelado misturado com blocos rochosos em processo de alteração e recobertos por material intemperizado de cor vermelho amarelado; textura argilosa.

Observações:

Raízes finas e médias abundantes até 40 cm; finas comuns até 100 cm.

Foram coletadas mais 3 amostras no horizonte C

- C₂ - 130-165 cm; textura franco argilo-arenoso.
- C₃ - 165cm; bolsão de material mais intemperizado; textura argilosa.
- C₄ - coleta feita a trado a 200-210 cm; textura franco-argilo arenosa.

Os horizontes desenvolvidos sobre o material remanejado apresentam aspecto maciço poroso.

PERFIL HBA 4

Projeto HBA

Perfil nº 4

Classificação: Latossolo variação Una Distrófico A moderado
textura muito argilosa fase floresta perenefó
lia relevo forte ondulado.

Localização: Barranco do lado direito da estrada Ubaitaba - Ma
raú, 1 km após a sede da Fazenda Água Boa.

Situação e Declividade: Corte de estrada em área com plantio
de seringueiras, em terço superior de
elevação com 12% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênio-granulitos. Arquea
no.

Material Originário: Produto da meteorização de granulitos; a
área apresenta indícios de remanejamento.

Relevo local: Forte ondulado.

Relevo regional: Montanhoso.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação Local: Gramíneas.

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila.

Uso atual: Gramíneas e cultivo de seringueiras.

Descrição do Perfil

- A₁ - 0-15 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno oliváceo claro (2,5 Y 5/6, seco); muito argilosa; moderada pequena a média granular; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- A₃ - 15-45 cm, bruno amarelado (10 YR 5/6, úmido), bruno oliváceo claro (2,5 Y 5/6, seco); muito argilosa; fraca pequena subangular; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁ - 45-70 cm, bruno amarelado (10 YR 5/6, úmido), amarelo oliváceo (2,5 Y 6/6, seco); muito argilosa; fraca pequena subangular; muito duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- B₂₁ - 70-105 cm, bruno amarelado (10 YR 5/6, úmido), amarelo oliváceo (2,5 Y 6/6, seco); muito argilosa; fraca média subangular; muito duro, friável a ligeiramente firme, plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₂ - 105-180 cm, bruno amarelado (10 YR 5/6, úmido), amarelo oliváceo (2,5 Y 6/6, seco); muito argilosa; fraca média subangular; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₃ - 180-210 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/6, seco); muito argilosa; fraca a moderada pequena a média subangular; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₄ - 210-300 cm⁺, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); amarelo brunado (10 YR 6/6, seco); muito argilosa; moderada pequena a média subangular; duro, friável a ligeiramente firme, plástico e muito pegajoso.

- B₃ - 400 cm+, vermelho amarelo (5 YR 5/6, úmido), amarelo avermelhado (5 YR 6/6, seco); muito argilosa; moderada a forte pequena a média subangular; duro, friável a ligeiramente firme, muito plástico e muito pegajoso.
- C₁ - 1100 cm+, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido), rosete (7,5 YR 7/4, seco); muito argilosa; firme, plástico e muito pegajoso; material intemperizado mas não pedogonizado; pontuação branca pouca e pequena.
- C_{2a} - 1600 cm+, amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, úmido), Bruno muito claro acinzentado (10 YR 7/4, seco); material alterado e em vias de alteração; 40 a 50% de pontuação branca; textura silto argilosa.
- C_{2v} - 1600 cm+, vermelho (2,5 YR 5/8, úmido), amarelo avermelhado (5 YR 6/6, seco); material silto argiloso; firme plástico e pegajoso; material já totalmente alterado com fundo avermelhado e pontuação branca.

Observações:

Raízes finas comuns até 105 cm e poucas até 210 cm.

As letras que se seguem ao índice numérico nos horizontes C₂, servem para diferenciá-los e correlacionam-se as suas cores (a - amarelo, v - vermelho).

PERFIL HBA 5

Projeto HBA

Perfil nº 5

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Tb textura muito argilosa fase floresta perenefólia higrófila relevo forte ondulado.

Localização: Lado direito da estrada que corta a Fazenda Palmeirinha, 500 metros após a BR-101. A estrada tem início 2 km após o entroncamento da BR-101 - Urucuca, em direção a Ubaitaba.

Situação e Declividade: Topo de encosta com 10% de declividade.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênio-granulitos. Arqueano.

Material Originário: Proveniente da alteração do granulito in situ.

Relevo Local: Forte ondulado.

Relevo Regional: Montanhoso.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação Local: Pastagem.

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila.

Uso Atual: Pastagem e cultivo de cacau.

Descrição do Perfil

- A₁ - 0-30 cm, bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena a média granular; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- A₃/B₁ - 30-55 cm, bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila, fraca a moderada pequena a média blocos subangulares; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₁ - 55-80 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido), vermelho amarelado (5 YR 5/6, seco); mosqueado pouco pequeno distinto amarelo brunado (10 YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada muito pequena a pequena blocos subangulares; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₂ - 80-120 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido), vermelho amarelado (5 YR 5/8, seco); argila, moderada, muito pequena a pequena blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- B₃ - 120-160 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), bruno forte (7,5 YR 5/8, seco), mosqueado comum médio proeminente amarelo brunado (10 YR 5/6, úmido); argila; fraca pequena blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- C₁ - 160-220 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), vermelho (2,5 YR 5/6, seco); argila; manchas de cor amarelada referente ao material em vias de intemperização.

Observações:

Raízes - finas e abundantes até 60 cm; poucas finas até 1 m.

O horizonte A_1 é antrópico, apresentando-se revolvido.

O horizonte A_3/B_1 apresenta um pouco de revolvimento e canais com preenchimento de material rico em matéria orgânica.

Os horizontes B_{21} e B_{22} apresentam veios de rocha pouco alterada.

Foram coletadas várias amostras no horizonte C, sendo a numeração usada concernente tão somente, a ordem de sequência quanto a profundidade da amostragem.

C_2 - 260 - 280 cm; textura argila.

C_3 - 300 cm; textura argilo siltosa.

C_4 - 380 cm; textura franco argilosa.

C_5 - 410 cm; textura franco argilosa.

No nível C_2 ocorrem canais preenchidos com material rico em matéria orgânica.

A aproximadamente 3 cm de profundidade foram coletadas em áreas adjacentes 2 outras amostras: HBA 5a (material bastante alterado com coloração amarela esbranquiçada) e HBA 5b (material bastante alterado com tonalidade vermelho forte e pequenas manchas amarelas). Esta segunda amostra encontra-se mais alterada que a primeira e assemelha-se ao material de origem do perfil estudado.

PERFIL HBA 6

Projeto HBA

Perfil nº 6

Classificação: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura muito argilosa fase floresta perenefólia higrófila relevo forte ondulado.

Localização: Estado da Bahia, Município de Uruçuca, lado direito da estrada que liga Uruçuca a BR 101, 3 km após a saída de Uruçuca.

Situação e Declividade: Terço superior de elevação com aproximadamente 8% de declividade. Barranco em corte de estrada.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênios-granulitos. Arqueano.

Material Originário: Produto da meteorização da rocha acima citada. A área apresenta indícios de manejo.

Relevo local e regional: Forte ondulado com elevações de topos arredondados e vales em V aberto.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação local: Pastagem.

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila.

Uso Atual: Pastagem e cultura de cacau.

Descrição do Perfil

- A₁ - 0-20 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); argilo arenosa; moderada pequena a média granular; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- A₃ - 20-45 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; fraca muito pequena subangular; muito duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₁ - 45-70 cm, bruno forte (7,5 YR 5,5/6, úmido), amarelo oliváceo (2,5 Y 6/8, seco); argila; fraca muito pequena subangular; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₁ - 70-95 cm, bruno forte (7,5 YR 5,5/6, úmido), amarelo oliváceo (2,5 Y 6/8, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos subangulares muito pequenos e muito fracos; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₂ - 95-135 cm, bruno forte (7,5 YR 5,5/6, úmido), amarelo a amarelo brunado (10 YR 6,5/6, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos subangulares muito pequenos e muito fracos; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₃ - 135-165 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), amarelo a amarelo brunado (10 YR 6,5/6, seco); muito argilosa; maciça porosa; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

- B₃₁ - 165-270 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido), amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, seco); argila; maciça porosa com fraca estruturação em blocos subangulares; muito duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa.
- B₃₂ - 270-420 cm, vermelho (10 R 4/8, úmido), vermelho claro acinzentado (10 R 6/4, seco); franco argilosa; fraca pequena blocos subangulares; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana. Apresenta 2% de pontuação branca referente a materiais em vias de intemperização.
- B₃₃ - 420-520 cm, vermelho (10 R 5/6, úmido), vermelho claro acinzentado (10 R 6/3, seco); franco argilosa; fraca pequena blocos subangulares; muito duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso. Apresenta 5% de manchas brancas referentes a materiais em vias de intemperização.
- C₁ - 650 cm, amarelo avermelhado (5 YR 7/6, úmido), rosete (5 YR 8/4, seco); franco, 20% de material sofrendo intemperização que dá origem a pequenas manchas brancas na massa do solo; duro, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- C₂ - 700 cm, vermelho (10 R 4/8, úmido), vermelho claro acinzentado (10 R 6/4, seco); 20% de materiais sofrendo processo de alteração o que dá origem a manchas de cor branca; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

Observações:

O horizonte B₃₂ apresenta areia quartzosa grossa cujo teor aumenta no B₃₃.

PERFIL HBA 8

Projeto HBA

Perfil nº 8

Classificação: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A modera
do textura muito argilosa fase floresta perene
fólia higrófila relevo forte ondulado.

Localização: Estado da Bahia, município de Itacaré, 22 km após
deixar a BR-101 em direção a Taboquinhas, 200 met
ros após o povoado Água Fria, lado direito da
estrada

Situação e Declividade: Corte em beira de estrada (próximo ao
Rio Água Fria) em terço superior de
encosta com 8% de declividade.

Altitude: 40 metros.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênio-granulitos. Arqueano.

Material Originário: Produto de meteorização in situ, com ind
ícios de recobrimento em superfície, por
material remanejado.

Relevo Local e Regional: Forte ondulado com elevações de top
os arredondados e vales em V aberto.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação Local: Pastagem.

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila.

Descrição do Perfil

- A₁ - 0-14 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); argila; moderada pequena a média granular; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.
- A₃ - 14-35 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/6, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos fracos pequenos subangulares; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₁ - 35-60 cm, bruno forte (7,5 YR 5,5/6, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/6, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos fracos pequenos subangulares; duro, friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₁ - 60-120 cm, bruno forte (7,5 YR 5,5/6, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/6, seco); muito argilosa; maciça porosa; ligeiramente duro a duro, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição ondulada e gradual.
- B₂₂ - 120-195 cm, bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/7, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos pequenos subangulares muito fracos; ligeiramente duro a duro, muito friável, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₃ - 195-230 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), amarelo brunado (10 YR 6/8, seco); muito argilosa; maciça porosa que se rompe em blocos pequenos subangulares muito fracos; ligeiramente duro a duro, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

- B₃ - 430 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido), amarelo avermelhado (5 YR 7/6, seco); muito argilosa; duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- C₁ - 530 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), amarelo avermelhado (5 YR 7/6, seco); argila; duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; 1+ de material em vias de intemperização que dá pontuação branca à amostra. Há também mosqueado pouco pequeno proeminente vermelho (2,5 YR 5/8, úmido) e amarelo (10 YR 7/8, úmido).
- C_{2v} - 600 cm, vermelho (2,5 YR 5/8, úmido), vermelho claro acinzentado (10 R 6/4, seco); muito duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; 2% de material em processo de intemperização que dá pontuação branca pouco pequena e proeminente.
- C_{2vc} - 600 cm, vermelho claro (2,5 YR 6/6, úmido) e rosete (5 YR 7/4, seco); material de cores diversas (manchas pequenas amarelas, brancas, vermelhas) ocorrem sobre o fundo rosete; aproximadamente 20% de material em vias de intemperização.

Observações:

As letras que se seguem aos índices numéricos no horizonte C, dizem respeito a sua coloração e tem a finalidade de diferenciar as amostras, coletadas em locais diversos.

PERFIL HBA 12

Projeto HBA

Perfil nº 12

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Ta textura muito argilosa fase floresta perenefólia higrófila relevo forte ondulado.

Localização: Estado da Bahia, Município de Uruçuca, 300 metros da sede da Fazenda Javali, localizada a 9 km de Uruçuca em direção a Taboquinha, lado direito da estrada.

Situação e Declividade: Trincheira aberta a 300 metros da sede da fazenda em terço superior de elevação.

Litologia e Formação Geológica: Piroxênio-granulitos. Arqueano.

Material Originário: Produto de meteorização in situ.

Relevo local e regional: Forte ondulado com elevações de topos arredondados e vales em V aberto.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação Local: Gramíneas.

Vegetação Regional: Floresta perenefólia higrófila.

Descrição do Perfil.

- A₁ - 0-10 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena a muito pequena granular; ligeiramente duro, ligeiramente friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- A₃ - 10-21 cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/6, seco); franco argilosa; moderada pequena a média granular; duro, ligeiramente friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- B₁ - 21-35 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada pequena a média subangular; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₁ - 36-62 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/7, úmido), vermelho amarelado (5 YR 5/8, seco); muito argilosa; moderada a fraca pequena a média subangular; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₂ - 62-85 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/7, úmido), bruno forte (7,5 YR 5,5/6, seco); muito argilosa; moderada pequena a média subangular; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₂* - 62-85 cm, cor de fundo bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), bruno forte (7,5 YR 5/8, seco) mosqueado vermelho (10 R 5/8, seco) e amarelo (10 YR 8/6, úmido); *amostra cor respondente ao nível anterior, só que relativa a um bloco rochoso mais resistente.

- B₃ - 85 cm+, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido), bruno forte (7,5 YR 5/8, seco); argila; moderada pequena a média subangular; muito duro, firme, plástico e pegajoso; material em vias de alteração e já alterado; 5% de manchas amarelo esbranquiçada.
- C - 150 cm+, amarelo brunado (10 YR 6/6, úmido), amarelo claro acinzentado (2,5 Y 8/4, seco); franco argilo arenosa; a cor de fundo é resultante de diversas outras em pequenas manchas; 80% de material em vias de intemperização; coleta com trado.

Observações:

Blocos rochosos em superfície e na massa do solo, alguns já sofrendo alteração.

ANEXO B

DESCRIÇÃO DAS AREIAS

LATOSSOLOS

A observação das areias em lupa binocular referente aos 3 Latossolos estudados mostrou uma composição onde domina o quartzo, a magnetita, grumos, além de pequenas quantidades de plaquetas micáceas e concreções ferruginosas.

O quartzo é o mineral preferencialmente encontrado, sobretudo na fração areia grossa, com teores crescentes em direção ao topo do perfil, onde o mineral atinge valores superiores a 85%.

A magnetita apresenta-se em fracos teores na fração areia grossa (<5%) aumentando na fina onde chega a atingir 30% (HBA 4); apresenta frequentemente as marcas da alteração, principalmente nos horizontes de profundidade, onde são encontradas em menor quantidade.

Os grumos são elementos arredondados de cores esbranquiçadas, amareladas, avermelhadas e mesmo róseos, que ocorrem em grande quantidade nos horizontes de profundidade, onde chegam a atingir 60% (HBA 8) e vão diminuindo rapidamente no perfil até praticamente desaparecerem nos horizontes de superfície. São percorridos por uma rede de poros, às vezes coloridos por óxidos de ferro, e se esboroam quando submetidos a pressão. São compostos por minerais secundários e compõem principalmente a fração areia grossa.

As plaquetas micáceas e as concreções ferruginosas são encontradas em quantidades reduzidas (menos de 1%), sendo estas restritas ao solum do Perfil HBA 8 e aquelas aos horizontes de profundidade do HBA 6.

PODZÓLICOS

A fração areia dos Podzólicos é composta por quartzo, magnetita, grumos, biotitas e concreções ferruginosas.

O quartzo apresenta valores variáveis no perfil, com os mais baixos correspondendo aos horizontes de alteração (~10%) e apresentando teores crescentes em direção a superfície onde atinge ~80% da fração; seus valores são mais significativos na fração areia grossa.

As magnetitas são encontradas em maior quantidade na fração areia fina; de maneira geral, os valores mais baixos correspondem aos horizontes de profundidade e os mais elevados à superfície do solo onde chegam a atingir 30% (HBA 5). A alteração deixa marcas visíveis nos grãos, particularmente nos horizontes de alteração.

A biotita é encontrada em pequena quantidade ao longo dos perfis, excetuando o horizonte C₁ do Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico onde os valores chegam a atingir 50% da fração. No perfil HBA 12, a biotita está bastante alterada (aspecto leitoso) e seus teores são muito baixos.

Grumos de diferentes colorações, composições e formas ocorrem em teores variáveis (5 a 80%) com valores que crescem com a profundidade.

Em superfície sobretudo, são encontradas concreções ferruginosas compondo a fração areia grossa, principalmente no perfil HBA 5 (~3%).

CAMBISSOLOS

No Cambissolo, as areias são compostas dominantemente por quartzo, grumos, magnetita, quantidades muito pequenas de concreções ferruginosas e micas.

O quartzo é encontrado em teores muito fracos em profundidade (<1%) sofrendo aumento em superfície, onde atinge 90% da fração; sua dominância ocorre na fração areia grossa.

A magnetita tem uma distribuição semelhante ao quartzo no perfil, variando somente os seus teores (de inferiores a 1% até 10%).

Os grumos acontecem em quantidades elevadas nos horizontes de alteração (superiores a 50% até o C₁) sofrendo de crêscimo progressivo até a superfície (menos de 5%); algumas concreções ferruginosas estão presentes nos horizontes A e B em quantidades pequenas, assim como raríssimas micas as quais ocorrem em níveis esparsos (C₄ e B₃₂).