

# ORIENTAÇÃO DAS CAMADAS DE ROCHAS METAPÉLÍTICAS POBRES NA GÊNESE DE LATOSSOLOS SOB CERRADO<sup>1</sup>

CESAR DA SILVA CHAGAS<sup>2</sup>, NILTON CURI<sup>3</sup>, MARIZA NASCIMENTO DUARTE<sup>4</sup>,  
PAULO EMILIO FERREIRA DA MOTTA<sup>2</sup> e JOSÉ MARIA DE LIMA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Durante o levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos, Minas Gerais, foram identificados Latossolo Variação Una (LU) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE), que ocorrem em íntima associação geográfica, sob idênticas condições de relevo, vegetação, clima, material de origem regional e posição na paisagem. O tipo de orientação das camadas do material originário, por condicionar um regime de umidade diferenciado nos dois sistemas, exerceu efeito marcante na pedogênese destes solos: (1) a orientação horizontalizada das camadas condicionou a gênese de Latossolo Variação Una, de cores amareladas, menor grau de intemperismo-lixiviação, evidenciado pelos maiores valores dos índices Ki e Kr e pela relação gibbsita/caulinita mais baixa, menor espessura do solum e apresentando maior proporção goethita/hematita; e (2) a orientação inclinada das camadas condicionou, em condições equiparáveis, a formação de Latossolo Vermelho-Escuro, de melhor drenagem, mais intemperizado (maior relação gibbsita/caulinita e menores índices Ki e Kr), com solum mais espesso, apresentando menor relação  $Fe_2O_3/Fe_2O_4$ , maior proporção hematita/goethita e, conseqüentemente, cores mais avermelhadas.

Termos para indexação: orientação de camadas da rocha, xantização, Latossolos, cerrado.

## ORIENTATION OF LAYERS OF POOR METAPELLITIC ROCKS ON GENESIS OF LATOSOLS (OXISOLS) UNDER CERRADO VEGETATION

**ABSTRACT** - During the high intensity reconnaissance soils survey of the region under influence of Itutinga/Camargos reservoir, MG, Brazil, Una variant Latosol (LU) and Dark-Red Latosol (LE), both Oxisols, which occur in intimate geographical association, under identical conditions of relief, vegetation, climate, regional parent material and landscape position were identified. The type of orientation of layers of the parent material, by conditioning a differential moisture regime in the two systems exerts markable influence on the pedogenesis of these soils: (1) the horizontal orientation of the layers conditioned the genesis of the Una variant Latosol, having yellowish colors, lower grade of weathering-leaching, evidenced by higher values of Ki and Kr indices and lower gibbsite/kaolinite ratio, smaller solum thickness, and having higher goethite/hematite proportion; and (2) the inclined orientation of the layers conditioned under similar conditions, the formation of Dark-Red Latosol having better drainage, more weathered (higher gibbsite/kaolinite ratio and smaller Ki and Kr indices), with thicker solum, having lower  $Fe_2O_3/Fe_2O_4$  ratio, higher hematite/goethite proportion and, consequently, reddish colors.

Index terms: rock layers orientation, xanthization, Oxisols, cerrado vegetation.

## INTRODUÇÃO

Na área localizada ao sul da microrregião Campos da Mantiqueira, zona fisiográfica Campos das Vertentes, em Minas Gerais, ocorrem Latossolo Variação Una (LU) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE) em estreita associação geográfica e sob idênticas condições de relevo, vegetação, clima, material de origem regional e posição na paisagem, distintos

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de novembro de 1996.

Extraído da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPIS), Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-170 Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>4</sup> Geóloga, M.Sc., Embrapa-CNPIS.

basicamente em função da cor e profundidade do sólum (Giarola, 1994).

As rochas pelíticas se formam a partir da consolidação de partículas muito pequenas (pelitos), que se depositam em estratos horizontalizados (Almeida & Resende, 1985). Ao serem metamorfozadas, este padrão pode ser modificado por forças tectônicas e atectônicas (Winkler, 1976). A inclinação resultante tem sido relacionada a características dos solos sobrejacentes, sobretudo à espessura. O Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1960) verificou que nas áreas cujo substrato era filito-xisto, em São Paulo, a espessura do solo parecia depender da orientação das camadas da rocha, ou seja, onde a inclinação era de cerca de 45 a 60° havia formação de solos rasos e, onde ocorriam camadas horizontais, as rochas afloravam à superfície.

O presente estudo teve por objetivo verificar as relações entre a disposição das camadas das rochas metapelíticas pobres e a diferenciação de LE e LU na região, identificando os processos pedogenéticos envolvidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada localiza-se na microrregião Campos da Mantiqueira, entre os paralelos 20°21' e 21°42' de latitude Sul e os meridianos 43°16' e 44°42' de longitude Oeste, com clima Cwa de Köppen (mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso) e precipitação média anual de 1.435 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril. A vegetação primária é o cerrado tropical subcaducifólio, nas áreas de latossolos; e campo cerrado tropical, nas áreas de cambissolos, e o substrato geológico corresponde a rochas metapelíticas pobres dos grupos São João Del Rei (filitos) e Andrelândia (micaxistos) (Brasil, 1983), que exibem acentuada variação da orientação de camadas.

De modo a isolar os fatores efetivamente causadores da diferenciação dos solos, foram selecionados três locais onde o LE e o LU ocorrem associados, para exame e confronto de pares de perfis representativos de cada um destes solos. Os perfis TC-1 e TC-2 (LU e LE, respectivamente), derivados primariamente de micaxistos, distanciados em 50 metros, ocupam posição de terço superior de encosta com 2% de declive, enquanto os perfis TC-3 e TC-4 (LU e LE, respectivamente), derivados primariamente de filitos, situados em terço médio de encosta com 6% de declive, distanciam-se em 300 metros. As informações referentes aos perfis TC-5, LU, e TC-6, LE, distanciados

em 5 km, não são aqui apresentadas, para facilidade de discussão, pois a tendência dos dados permaneceu a mesma. Os perfis foram descritos e amostrados de acordo com Lemos & Santos (1984), sendo que as descrições morfológicas constam em Chagas (1994).

Procedeu-se às seguintes análises: granulométrica, pelo método de Bouyoucos modificado (Carvalho, 1985), argila dispersa em água, densidade do solo (Ds) segundo Blake & Hartge (1986), densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1979) e microporosidade segundo Grohmann (1960). O volume total de poros foi determinado pela equação  $VTP = (1 - Ds/Dp) \times 100$  (Vomocil, 1986) e a macroporosidade pela diferença entre VTP e microporosidade. A condutividade hidráulica sob saturação (Ks) foi avaliada em amostras indeformadas, com permeâmetro adaptado para eliminação da água percolada junto à parede do cilindro (Lima et al., 1990). As curvas de retenção de umidade foram obtidas por meio de extrator de placa porosa para as tensões de -0,010 a -1,515 MPa, de acordo com Richards & Fireman (1943). Determinou-se, ainda, a umidade atual de amostras de horizontes selecionados dos perfis TC-1 e TC-2, no final da estação seca dos anos de 1993 a 1995. Nódulos presentes na parte inferior dos perfis foram imersos em água, por duas horas, para teste de plintita, de acordo com Wood & Perkins (1976).

Os óxidos do ataque sulfúrico, os elementos do complexo sortivo, pH e carbono orgânico foram determinados segundo Embrapa (1979). Os óxidos de ferro livres totais ( $Fe_d$ ) foram extraídos da fração argila mediante três extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), de acordo com Mehra & Jackson (1960), e as formas menos cristalinas ( $Fe_o$ ), com oxalato de amônio ácido (1 extração), conforme Schwertmann (1964).

A mineralogia da fração areia fina foi avaliada volumetricamente sob microscópio polarizante com posterior estimativa dos minerais em papel milimetrado (Embrapa, 1979). Os valores de caulinita (Ct) foram obtidos por alocação, de acordo com Resende et al. (1987), e a gibbsita (Gb) foi quantificada na fração argila desferificada, por análise térmica diferencial (ATD). A análise qualitativa da fração argila desferificada foi realizada por difração de raios X (DRX), a partir de lâminas orientadas, utilizando-se radiação  $CuK\alpha$ , entre 2 e 32° 2 $\theta$  e a 1° 2 $\theta$ /min. A mineralogia dos óxidos de ferro foi examinada na fração argila concentrada com NaOH 5 M (Kämpf & Schwertmann, 1982), tendo sido adicionada sílica gel às amostras (10% em peso) para prevenir dissolução de goethita. Nesta fração, os minerais foram identificados também por DRX (método do pó), mediante radiação  $Fek\alpha$ , entre 20 e 45° 2 $\theta$  e a 1° 2 $\theta$ /min, tendo sido a substituição em Al na goethita estimada segundo Schulze

(1984), e na hematita (Hm), segundo Schwertmann et al. (1979). Quartzo com diâmetro de 0,5-1,0 mm (2% em peso) foi adicionado às amostras, para correção do desvio instrumental.

Amostras indeformadas foram coletadas em caixas de alumínio, tipo Kubiena, para a realização da análise micromorfológica, sendo a descrição realizada de acordo com as terminologias propostas por Lima et al. (1985). Por ocasião da amostragem foram tomadas fotos de perfis dos solos mostrando a orientação das camadas da rocha subjacente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características físicas e químicas

A análise granulométrica (Tabela 1) mostrou serem estes solos muito argilosos (TC-1 e TC-2) e argilosos (TC-3 e TC-4), o que se deve à constituição primária das rochas das quais se formaram, ou

seja, sedimentos argilo-siltosos metamorfizados (Almeida & Resende, 1985), além do seu avançado estágio de intemperismo. A relação silte/argila é mais elevada nos perfis de LU, o que indica menor grau de intemperismo em relação aos LE. A areia fina predomina sobre a areia grossa, em todos os perfis. Os valores de argila dispersa em água (Tabela 1) apresentam tendência em aumentar em profundidade, o que é decorrente, provavelmente, da ocorrência simultânea de baixos teores de C orgânico e teores mais elevados de óxidos de Fe e de Al nos horizontes mais profundos (Tabela 2), o que tende a elevar o PCZ, aumentando a magnitude de cargas positivas (Raij, 1973).

Os baixos valores de densidade do solo (Tabela 1) estão relacionados ao grande volume total de poros (Tabela 3). A dominância de microporos sobre macroporos em todas as amostras pode ser atribuída aos elevados teores de argila, enquanto a maior macroporosidade nos perfis de LE, deve-se, provavelmente, à sua estrutura granular, de

TABELA 1. Granulometria, argila dispersa em água e densidade de horizontes selecionados.

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria				Argila disp. água	Silte/ argila	Densidade <sup>1</sup>	
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			Ds	Dp
----- g kg <sup>-1</sup> -----									
Latossolo Variação Una - Perfil TC - 1									
A	0-26	20	110	240	630	40	0,38	1,10	2,50
Bw2	69-106	10	90	230	670	170	0,34	0,95	2,74
BC	169-200	10	90	320	580	510	0,55	1,04	2,60
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC - 2									
A1	0-15	30	150	230	590	80	0,39	1,17	2,67
Bw1	64-118	10	120	200	670	40	0,25	0,91	2,82
Bw3	153-200	10	100	180	710	460	0,25	1,00	2,63
Latossolo Variação Una - Perfil TC - 3									
A	0-17	40	170	290	500	40	0,58	1,10	2,86
Bw2	42-61	30	160	280	530	240	0,53	1,07	2,86
BC2	139-180	30	150	290	530	310	0,55	1,22	2,77
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC - 4									
A1	0-13	80	280	230	410	120	0,56	1,10	2,67
Bw1	69-138	20	210	220	550	40	0,40	0,95	2,70
Bw3	186-210	30	170	210	590	280	0,35	1,16	2,78

<sup>1</sup> Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas.

TABELA 2. Características químicas de horizontes selecionados<sup>1</sup>.

Horizonte	pH		C org.	Complexo de troca				Ataque sulfúrico				Ki	Kr	
	H <sub>2</sub> O	KCl		S	T	V	m	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			g kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>						
Latossolo Variação Una - Perfil TC-1														
A	4,2	4,3	23	0,6	5,1	12	25	161	260	145	10,8	0,4	1,05	0,78
Bw2	5,0	5,9	7	0,4	2,3	17	20	158	291	157	12,8	0,3	0,92	0,69
C	5,2	5,5	1	0,3	2,0	15	25	244	319	167	7,2	0,4	1,30	0,97
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2														
A1	4,3	4,4	21	0,8	7,1	11	20	114	302	149	10,5	0,4	0,64	0,49
Bw1	4,6	4,8	9	0,3	2,6	12	24	122	320	157	12,0	0,3	0,65	0,49
C	5,5	6,7	2	0,2	1,4	15	33	133	368	177	7,2	0,3	0,61	0,46
Latossolo Variação Una - Perfil TC-3														
A	4,3	4,4	20	0,3	4,3	8	36	104	271	117	8,4	0,1	0,66	0,51
Bw2	4,6	5,9	8	0,4	2,3	18	19	84	278	119	8,3	0,1	0,51	0,40
C	5,1	6,0	2	0,3	1,5	20	25	144	240	112	7,4	0,1	1,02	0,78
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4														
A1	4,7	4,5	24	0,9	6,5	14	18	75	294	170	10,2	0,2	0,44	0,32
Bw1	4,6	5,7	9	0,4	3,5	11	8	65	294	177	9,9	0,1	0,38	0,27
C	5,4	6,8	4	0,3	1,6	19	24	82	233	174	5,3	0,1	1,79	1,46

<sup>1</sup> S = soma de bases; V = saturação por bases; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; m = saturação por Al; Ki = relação molecular sílica/alumina; Kr = relação molecular sílica/alumina mais óxidos de Fe.

TABELA 3. Porosidade, condutividade hidráulica saturada e umidade atual de horizontes selecionados, no final da estação seca.

Horizonte	Profundidade cm	Porosidade			Ks <sup>1</sup> 10 <sup>6</sup> m s <sup>-1</sup>	Umidade atual m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
		Total	Micro	Macro		
m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>						
Latossolo Variação Una - Perfil TC-1						
A	0-26	0,56	0,47	0,09	12,21	0,20
Bw2	69-106	0,65	0,45	0,21	8,00	0,22
BC	169-200	0,60	0,50	0,11	0,04	0,25
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2						
A1	0-15	0,56	0,45	0,12	13,58	0,15
Bw1	64-118	0,67	0,40	0,28	15,28	0,19
Bw3	153-200	0,62	0,47	0,15	0,91	0,21
Latossolo Variação Una - Perfil TC-3						
A	0-17	0,52	0,38	0,13	13,99	- <sup>2</sup>
Bw2	42-61	0,63	0,44	0,19	29,40	-
BC2	139-180	0,56	0,48	0,08	0,28	-
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4						
A1	0-13	0,59	0,43	0,16	19,98	-
Bw1	69-138	0,65	0,39	0,26	40,73	-
Bw3	186-200	0,58	0,49	0,10	0,77	-

<sup>1</sup> Condutividade hidráulica saturada.

<sup>2</sup> Valores desconhecidos.

tamanho menor e mais arredondada (Chagas, 1994), condicionada pelos seus mais altos teores de gibbsita (Tabela 4).

Os valores de condutividade hidráulica de solo saturado (Tabela 3) são mais elevados nos perfis de LE, devendo estar relacionados à maior proporção macro/microporos. A drástica redução da permeabilidade nos horizontes mais profundos, embora permaneça mais elevada nos perfis de LE, está relacionada à diminuição da macroporosidade, aliada, possivelmente, ao aumento dos teores de argila dispersa em água. A umidade atual, ligeiramente mais elevada no LU (Tabela 3), indica um sistema relativamente mais úmido, reflexo da sua maior restrição de drenagem.

A retenção de água também é mais elevada no LU, em razão da maior proporção de micro/macroporos. Assim, para as tensões de -0,010; -0,033; -0,101 e -1,515 MPa, o material do horizonte A do perfil TC-1 reteve 407; 369; 322 e 269 g kg<sup>-1</sup> de água, enquanto o do horizonte A do TC-2 reteve 344; 313; 288 e 238 g kg<sup>-1</sup>. Nos horizontes subsuperficiais, a tendência foi a mesma, constatan-

do-se, no horizonte Bw1 do TC-1 uma retenção de 450; 388; 338 e 278 g kg<sup>-1</sup> e, no horizonte Bw2 do TC-2, 388; 338; 300 e 244 g kg<sup>-1</sup>.

Os valores de pH em H<sub>2</sub>O (Tabela 2) são baixos, e apresentam tendência em aumentar com a profundidade, embora este aumento não seja acompanhado pelos teores de bases trocáveis. O pH em KCl (Tabela 2) apresenta a mesma tendência, sendo, no entanto, mais elevado que o pH em água, em quase todos os horizontes, corroborando os valores mais elevados do ponto isoelétrico obtidos por Lima (1995) nos horizontes B de ambos os solos, caracterizando-os como eletropositivos (Raij, 1973). Apresentam, portanto, caráter ácido, segundo Oliveira et al. (1992).

Os teores extremamente baixos da soma de bases (Tabela 2) refletem a pobreza do material de origem e o intenso processo de intemperismo-lixiviação a que estes solos foram submetidos. O reduzido teor de Al trocável (<0,2 cmol kg<sup>-1</sup>) pode ser atribuído à participação deste cátion na formação da gibbsita, o que reduz sua atividade no solo.

TABELA 4. Teores de ferro, gibbsita (Gb), caulinita (Ct) e suas respectivas relações<sup>1</sup>.

Horizonte	Profundidade cm	g kg <sup>-1</sup>					g kg <sup>-1</sup>		
		Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>t</sub>	Gb	Ct	Gb/(Gb+Ct)
Latossolo Variação Una - Perfil TC-1									
A	0-26	63,0	1,0	101,3	0,016	0,62	290	350	0,45
Bw2	69-106	55,3	0,9	109,4	0,016	0,51	410	340	0,55
C	300-350	59,4	0,6	116,5	0,010	0,51	400	520	0,43
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2									
A1	0-15	71,5	0,6	104,1	0,008	0,69	390	240	0,62
Bw1	64-118	88,4	0,9	109,4	0,010	0,81	510	260	0,66
C	300-350	81,4	0,6	123,6	0,007	0,66	370	290	0,56
Latossolo Variação Una - Perfil TC-3									
A	0-17	59,6	0,6	82,0	0,008	0,72	410	220	0,65
Bw2	42-61	57,6	0,6	83,3	0,010	0,69	450	180	0,71
C	300-350	49,8	0,4	78,3	0,006	0,64	390	300	0,57
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4									
A	0-13	74,7	0,4	118,8	0,005	0,62	550	160	0,77
Bw1	69-138	90,8	0,8	123,8	0,009	0,73	580	140	0,81
C	300-350	87,6	0,8	121,3	0,009	0,72	400	180	0,69

<sup>1</sup> Fe<sub>d</sub> = ferro extraído por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB); Fe<sub>o</sub> = ferro extraído por oxalato de amônio; Fe<sub>t</sub> = ferro extraído pelo ataque sulfúrico; Gb = gibbsita por ATD; Ct = caulinita por alocação.

Apesar da presença de vermiculita com material hidróxi-entrecamadas (Fig. 1), a CTC é muito baixa no horizonte Bw dos perfis TC-1 e TC-2. A ocorrência de entrecamadas de alumínio na vermiculita pode estar atuando no bloqueio de sítios de troca e, conseqüentemente, na redução da CTC.

Os teores de  $\text{SiO}_2$ , inferiores aos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Tabela 2), indicam forte dessilicização e elevado grau de alteração sofrido pelo material inicial. Os valores mais baixos de  $K_i$  nos perfis de LE (acentuadamente drenado), confirmam o seu maior grau de intemperismo, e podem ser relacionados às melhores condições de drenagem destes solos em relação ao LU (bem drenado), o que favorece a dessilicização mais intensa.

Os teores mais baixos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no LU, entre 112 a 167  $\text{g kg}^{-1}$  (Tabela 2), principalmente no perfil TC-3 (terço médio de encosta), estão relacionados, provavelmente, à uma maior perda de ferro por remoção lateral através de fluxo subsuperficial de água, conforme verificado por Curi & Franzmeier (1984), Macedo (1986), Oliveira et al. (1991), Motta & Kämpf (1992) e Scatolini & Moniz (1992).

Os menores teores de  $\text{Fe}_d$  verificados nos perfis de LU (Tabela 4) podem ser atribuídos ao fato de o solo permanecer úmido mais tempo, em virtude da restrição de drenagem causada pela horizontalidade das camadas do material inicial, fazendo com que ocorra redução do Fe com mais freqüência e, conseqüentemente, sua solubilização e remoção. A relação  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$  apresenta valores muito baixos (0,005 a 0,016) em todos os horizontes (Tabela 4), o que indica forte predomínio de formas cristalinas (Blume & Schwertmann, 1969). Os valores da relação  $\text{Fe}_d/\text{Fe}_t$  (Tabela 4), indicativa do grau de evolução dos solos (Kämpf & Dick, 1984; Silva, 1985), variaram de 0,51 a 0,81 nos horizontes Bw, inferiores aos observados na grande maioria dos latossolos brasileiros (Resende, 1976; Kämpf et al., 1988; Motta & Kämpf, 1992). Com base nesta relação, pode-se inferir que o LE é mais desenvolvido do que o LU.

### Mineralogia

A análise mineralógica da fração areia fina revelou o predomínio de quartzo e concreções argilo-

-ferruginosas em todos os solos. De modo geral, quartzo, com grãos geralmente subangulosos e de superfície fosca, é o mineral predominante em todos os solos, com exceção dos horizontes A1 e Bw1 do perfil TC-4 (LE), que apresentam maiores quantidades de concreções argilo-ferruginosas. A forma dos grãos de quartzo indica pequeno retrabalhamento do material constitutivo dos solos, o que sugere que sua formação se deu predominantemente *in situ*.

Os difratogramas de raios X da fração argila desferrificada (Fig.1) evidenciam a presença de gibbsita, caulinita, goethita e ilita em todas as amos-

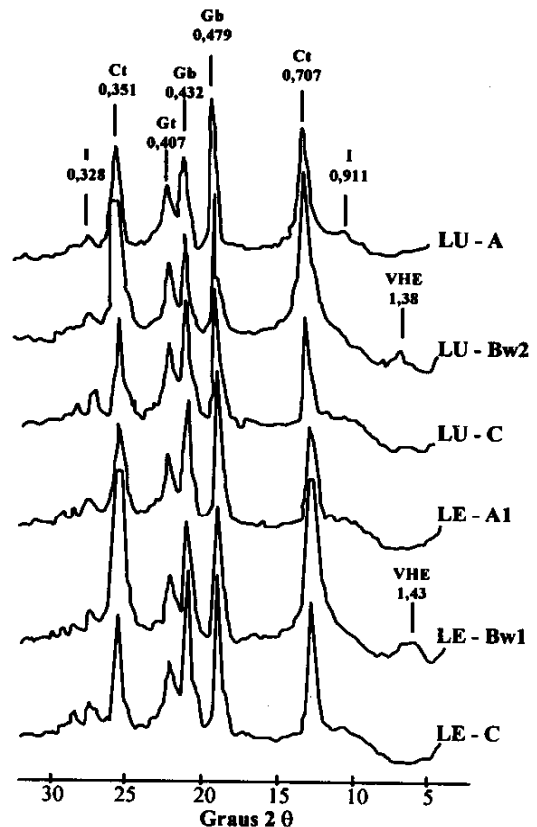


FIG. 1. Difratogramas de raios X da fração argila desferrificada de Latossolo Variação Una e Latossolo Vermelho-Escuro. (Valores "d" em nanômetros; VHE = vermiculita com material hidróxi-entrecamadas; I = ilita; Ct = caulinita; Gb = gibbsita; Gt = goethita).

tras. A presença de goethita deve-se à não-remoção completa dos óxidos de Fe pelo tratamento com DCB. No horizonte Bw dos perfis TC-1 (LU) e TC-2 (LE), foi constatada vermiculita com material hidroxí-entrecamadas, mineral comum em solos altamente intemperizados.

O predomínio geral de gibbsita sobre caulinita (Tabela 4) indica o avançado estágio de intemperismo dos solos, estando relacionado ao intenso processo de dessilicatização sofrido pelo material inicial. Os maiores valores da relação  $Gb/(Gb + Ct)$  (Tabela 4) nos perfis de LE confirmam seu estágio mais avançado de intemperismo, sendo concordantes com os menores valores dos índices  $K_i$  e  $K_r$  exibidos por estes solos (Tabela 2), e estão relacionados com a drenagem mais eficiente ao longo do perfil, permitida pela orientação inclinada das camadas do material de origem, que favorece uma maior remoção de sílica neste sistema.

Os difratogramas de raios X da fração argila tratada com NaOH 5 M (Fig. 2) revelam ocorrência de goethita e hematita em ambos os solos, sendo porém a relação  $Gt/(Gt + Hm)$  mais elevada no LU (Tabela 5), o que está relacionado ao ambiente mais úmido neste sistema devido à restrição de drenagem imposta pela horizontalidade das camadas do material de origem. Na porção inferior dos horizontes subsuperficiais de ambos os solos foram observados nódulos de plintita, cuja presença deve-se,

**TABELA 5.** Cor úmida do solo, teores de goethita (Gt) e hematita (Hm) e substituição em Al nestes óxidos.

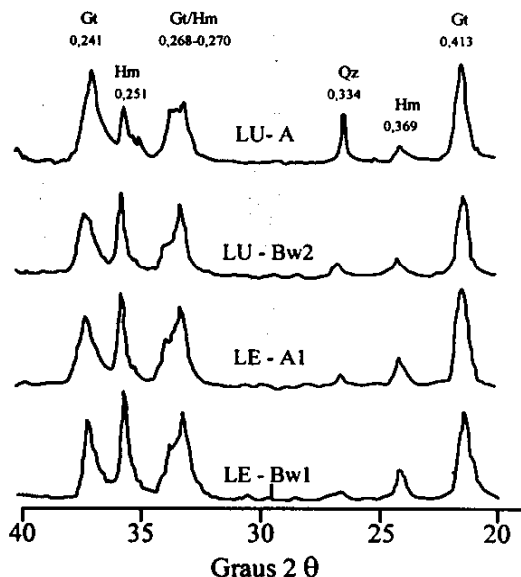
Horizonte	Cor	Gt <sup>1</sup>	Hm <sup>1</sup>	Gt/ (Gt+Hm)	Subst. em Al	
					Gt	Hm
		----- g kg <sup>-1</sup> -----		----- moles % -----		
Latossolo Variação Una - Perfil TC-1						
A	6YR 4/4	143,0	14,0	0,91	27	0
Bw2	5YR 5/6	158,0	19,0	0,89	26	1
Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2						
A1	2,5YR 3/5	126,0	25,0	0,83	31	1
Bw1	2,5YR 4/8	141,0	34,0	0,81	28	1

<sup>1</sup>Teores de goethita e hematita na fração argila concentrada com 5 M e determinados através da razão das intensidades dos picos (012) da hematita e (110) da goethita (Kämpf & Schwertmann, 1982).

possivelmente, à precipitação de ferro sob alternância de condições redutoras e oxidantes oriundas da oscilação do lençol freático temporário.

### Micromorfologia

Comparando-se as características micromorfológicas apresentadas pelos solos estudados, observou-se que a principal diferença está na distribuição relacionada das unidades, isto é, existe uma pequena diferença na organização da trama entre os dois solos. O LE tem uma microestrutura mais definida, com micropeds mais individualizados, e, conseqüentemente, maior porosidade que o LU (Chagas, 1994). Estes resultados concordam com a maior permeabilidade do LE (Tabela 3), que está relacionada aos seus maiores teores de gibbsita (Tabela 4), resultantes da atuação mais intensa dos agentes de intemperismo, favorecida, por sua vez, pela inclinação das camadas do material de origem.



**FIG. 2.** Difratogramas de raios X da fração argila tratada com NaOH 5 M do Latossolo Variação Una e do Latossolo Vermelho-Escuro. (Valores "d" em nanômetros; Gt = goethita; Hm = hematita; Qz = quartzo).





- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 274p.
- GIAROLA, N.F.B. **Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG)**. Lavras: ESAL, 1994. 226p. Tese de Mestrado.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.19, n.21, p.319-329, abr.1960.
- KÄMPF, N.; DICK, D.P. Óxidos de ferro em cambissolos brunos no Rio Grande do Sul e Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.2, p.183-188, maio/ago. 1984.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for oxides in soils. *Clays and Clay Minerals*, Clarkson, v.30, n.6, p.401-408, Dec. 1982.
- KÄMPF, N.; RESENDE, M.; CURTI, N. Iron oxides in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro; Embrapa, 1988. p.71-77
- LEMOES, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 45p.
- LIMA, J.M. **Relation between phosphate sorption and aggregation in Oxisols from Brazil**. Michigan: Michigan State Univ., 1995. 87p. Ph.D. Thesis.
- LIMA, J.M.; CURTI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. Dispersão do material do solo em água para a avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p.85-90, maio/ago. 1990.
- LIMA, P.C.; CURTI, N.; LEPSCH, I.F. Terminologia de micromorfologia do solo. *Boletim Informativo da SBCS*, Campinas, v.10, n.2, p.33-43, 1985.
- MACEDO, J. **Morphology, mineralogy and genesis of a hydrosequence of Oxisols in Brazil**. Ithaca: Cornell Univ., 1986. 73p. Tese de Mestrado.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, Clarkson, v.7, p.317-327, 1960.
- MOTTA, P.E.F. da; KÄMPF, N. Iron oxide properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brazil. *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, Weinheim, n.155, p.385-390, 1992.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, J.B.; RESENDE, M.; CURTI, N. Caracterização e classificação de Latossolos Variação Una e de solos afins da região de Guaíra (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.2, p.207-218, maio/ago. 1991.
- RAIJ, B. van. Determinação do ponto de carga zero em solos. *Bragantia*, Campinas, v.32, n.18, p.337-347, dez. 1973.
- RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil**. West Lafayette: Purdue Univ., 1976. 218p. Ph.D. Thesis.
- RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M. Mineralogia da argila de latossolos estimada por alocação a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.1, p.17-23, jan/abr. 1987.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, Baltimore, v.56, n.5, p.395-404, jun. 1943.
- SCATOLINI, F.M.; MONIZ, A.C. Influência do material de origem, do lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.379-388, set/dez. 1992.
- SCHULZE, D.G. The influence of aluminum on iron oxides. VII. Unit cell dimensions of Al substituted goethites and estimation of Al from them. *Clays and Clay Minerals*, v.32, n.1, p.36-44, Feb. 1984.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxyde des bodens durch extraktion mit ammoniumoxalat-lösung. *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, v.105, n.2, p.195-202, 1964.

- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M.; LEWIS, D.G. The influence of aluminum on iron oxides. II. Preparation and properties of Al-substituted hematites. *Clays and Clay Minerals*, v.27, p.105-112, 1979.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim do SNPA, 12).
- SILVA, F.B.R. *Cambissolos da porção central da província estrutural da Mantiqueira e suas relações com os latossolos: alteração e pedogênese*. São Paulo: USP, 1985. 261p. Tese de Doutorado.
- VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.299-314.
- WINKLER, H.G.F. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 2.ed. New York: Springer-Verlag, 1976.
- WOOD, B.W.; PERKINS, H.F. A field method for verifying plinthite in southern coastal plain soils. *Soil Science*, Baltimore, v.122, n.4, p.240-241, Oct. 1976.