

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

CARACTERIZAÇÃO MICROPEDOLÓGICA DE ALGUNS SOLOS DA ZONA DA MATA MINEIRA⁽¹⁾

W. A. G. A. NUNES⁽²⁾, C. E. R. SCHAEFER⁽³⁾,
J. C. KER⁽³⁾ & E. I. FERNANDES FILHO⁽³⁾

RESUMO

Realizou-se o estudo micromorfológico de oito solos da Zona da Mata Mineira, incluindo um Latossolo Una, dois Podzólicos Vermelho-Escuros, dois Brunizéns Avermelhados, uma Terra Roxa Estruturada, um Vertissolo e um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico. Após coleta, impregnação, polimerização e preparo de seções finas, estas foram analisadas por microscopia óptica para estudo micropedológico, caracterizando a microestrutura, porosidade, esqueleto, organização do plasma e estruturas associadas, com destaque para a argila iluviada. Em adição, análises em microscópio eletrônico de varredura da superfície de agregados foram realizadas em agregados individualizados. O horizonte B do Latossolo estudado apresenta forte microestrutura com influência de atividade biológica, que tende a coalescer intensamente em profundidade e torna-se apédico no saprolito, separado por cascalheiro de quartzo. Nódulos de hematita em processo de degradação foram observados, indicando o processo atual de goethização dos solos, notadamente no Vertissolo e no Latossolo Una. O estudo micromorfológico evidenciou solos com Bt que apresentaram cerosidade forte em observação macroscópica e não a evidenciaram claramente em microscópio, sendo esse fato mais marcante nos solos mais vermelhos. Solos com Bt mais amarelados mostraram cerosidade fraca no campo, com correspondente detecção de cutãs iluviais em microscopia óptica. O Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico, com cerosidade fraca e comum no campo, não teve sua presença confirmada em nível microscópico, evidenciando seu caráter câmbico. Esse solo evidencia nódulos de hematita circundados por gibbsita, o que poderia contribuir para explicar a manutenção dos altos teores de óxidos de ferro desses solos. A não-confirmação, ao microscópio, da cerosidade descrita em campo nos solos com Bt indica a necessidade da intensificação de estudos (descrição x micropedologia) na tentativa de melhor aferição e consistência de resultados.

Termos de indexação: micromorfologia, B latossólico, B textural, cutãs, gênese de solos.

⁽¹⁾ Parte integrante da Tese de Mestrado do primeiro autor junto ao curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Apoio financeiro da FAPEMIG. Recebido para publicação em abril de 1999 e aprovado em novembro de 1999.

⁽²⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Av. Ph Hoffs, s/n. CEP 36571-000 Viçosa (MG). E-mail: walder@solos.ufv.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).

SUMMARY: MICROPEDOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SOME SOILS FROM ZONA DA MATA, MINAS GERAIS, BRAZIL

A micropedological characterization of eight selected soils from Zona da Mata, MG, Brazil was carried out encompassing an iron-rich Red-Yellow Latosol ("Una" Latosol), two Dark-Red Podzolic, two Reddish Brunizens, one "Terra Roxa", one Vertisol and one Cambic Red-Yellow Podzolic. Thin sections were analyzed by Optical Microscopy (OM) to identify micropedological features such as: microstructure, porosity, skeleton-grain composition and illuviation cutans. In addition, surface features of undisturbed aggregates were studied at submicroscopic level, using a JEOL 840 Scanning Electron Microscope, in gold-coated specimens, with two replicates. The Bw horizon of the "Una" Latosol showed a strongly developed microgranular structure with marked influence of biological activity; the microaggregates tend to coalesce with depth, becoming totally apedic in the saprolite, underneath a stone line. Hematite nodules undergoing a degradation process were observed, pointing out to a present intense goethization process underway. Similar features were observed in the Vertisol and in the "Una" Latosol, the latter being a typical polycyclic profile. The micropedological study also showed that some soils, with strong cutan development at macroscopic scale, did not show the same feature at microscopic scale, and this was particularly so in redder soils. Soils with yellowish colors presented weak argillans with easily detected illuvial cutans at optical microscopy. The Cambic Red-Yellow Podzolic, with weak and common argillans at macroscopic observation, did not show recognizable argillans at OM level, which points to its Cambic character. This soil showed hematite nodules surrounded by gibbsite, a feature which may contribute to the maintenance of high Fe₂O₃ contents in these soils. The apparent non-correlation between the field description level of argillans and its confirmation at OM level highlights the need for a more intense effort to understand this process of clay illuviation, aiming to a better consistency and matching of field/OM levels.

Index terms: micropedology, oxic horizon, argillic horizon, cutan, soil formation.

INTRODUÇÃO

A porção da Zona da Mata Mineira entre Viçosa e Ponte Nova está embasada sobre gnaisses mesocráticos com grande número de intrusões máficas (anfíbolitos e diabásios). A região está inserida no "Mar de Morros", onde o relevo assume a feição de colinas em "meia-laranja", com terraços e planícies aluviais ao longo dos cursos d'água (Ab'Saber, 1970). Enquanto nos topos de morros e mesmo nas encostas há predomínio dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Una, nos terraços predominam os Podzólicos câmbicos e, nas planícies, os Aluviais (Costa, 1973; Corrêa, 1984; Naime, 1988; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 1996). Nas bordas do planalto dissecado (Depressão de Ponte Nova e Serras de Guiricema e de São Geraldo), ocorrem diques máficos, que passam a ter papel relevante na gênese e diferenciação pedológica, sendo notável o avermelhamento e a tendência eutrófica dos solos, com o aparecimento de Terras Roxas Estruturadas, Podzólicos Vermelho-Escuros, Brunizéns Avermelhados e Vertissolos, estes dois últimos como inclusões (Nunes, 1999).

Embora o estudo da micropedologia possa prover informações relevantes a respeito de aspectos de

gênese de solos, na medida em que permite a observação da estrutura e arranjo de partículas em microescala, poucos trabalhos tratam da micromorfologia de solos desta região da Zona da Mata Mineira, destacando-se os de Carneiro et al. (1977), Schaefer et al. (1995), e Schaefer (1995 e 1996), relativos a alguns Latossolos e Podzólicos. As Terras Roxas Estruturadas e solos com feições típicas de presença de minerais de argila 2:1 da região ainda não foram caracterizados micropedologicamente. Em vista da variabilidade dos solos de ocorrência na região foi objetivo deste trabalho estudar as características micropedológicas de alguns horizontes de solos selecionados com o intuito de elucidar processos pedogenéticos.

Todos os resultados foram discutidos em confronto com as observações morfológicas descritas em campo, de forma a validar, ou não, hipóteses suscitadas em levantamentos e associar os fenômenos pedogenéticos a feições micropedológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram estudados oito solos da Zona da Mata Mineira, incluindo um Latossolo Una, dois Podzólicos

Vermelho-Escuros, dois Brunizéns Avermelhados, uma Terra Roxa Estruturada, um Vertissolo e um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico, com algumas características analíticas resumidas no quadro 1, e cujas localizações aproximadas estão representadas na figura 1.

Selecionou-se uma seqüência de horizontes AB-Bw2-BC1-BC2/Saprolito do LU, por representar um manto de intemperismo profundo, típico da região, com, aproximadamente, 10 m de profundidade, desde a superfície até o horizonte Cr (alterito). Tal seqüência é muito comum em posições de cimeira na paisagem regional, representando remanescentes da superfície plana e soerguida, mais elevada da região (Superfície Sul-Americana), isolados em relevos residuais situados em cotas mais elevadas pelo soerguimento tectônico atual que isolou a depressão do Médio Rio Doce (Ker e Schaefer, 1995). Via de regra, as rochas cristalinas regionais (gnaisse, gnaisse anfíbolítico) apresentam um regolito profundo, com perfis de alteração que denunciam a longa fase de pré-intemperismo a que estiveram submetidas (Corrêa, 1984).

As amostras foram coletadas em caixetas de alumínio com dimensões de 6 x 10 cm e secas em estufa de circulação forçada a aproximadamente 35°C. Posteriormente, foram impregnadas a vácuo com resina de poliéster (Revopal T-208) diluída em estireno, na proporção de 1:1, adicionando-se um catalisador e pigmento fluorescente em luz ultra-violeta. Após

secagem e polimerização à temperatura ambiente por cerca de um mês, os blocos foram cortados e desbastados, confeccionando-se lâminas delgadas, as quais foram analisadas por microscopia óptica para estudo das feições micropedológicas, tais como: microestrutura, porosidade, esqueleto, organização do plasma e presença de argila iluviada, entre outras estruturas associadas, de acordo com Bullock et al. (1985) e Fitzpatrick (1993). A terminologia utilizada é uma adaptação sintética do sistema descritivo (Bullock et al., 1985; Fitzpatrick, 1993; Stoops, 1994), com ênfase morfogenética, ajustada às particularidades dos solos estudados. Terminologias prolixas de natureza morfoanalítica, como as de Brewer & Sleeman (1988) para descrições micromorfológicas, não foram utilizadas no presente estudo.

Em adição, análises submicroscópicas da superfície de agregados de horizontes Bt foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura, modelo JEOL 840, em agregados montados em discos de alumínio e recobertos com filme de ouro. Esses agregados continham feições de cerosidade observadas na descrição macromorfológica de campo, sendo os padrões de revestimento em escala submicroscópica confrontados com os descritos e apresentados na literatura (Bisdon & Ducloux, 1983; Fitzpatrick, 1993; Sullivan & Koppi, 1994) e comparados com as observações realizadas em microscópio óptico.

Quadro 1. Características físicas e químicas dos solos estudados

Solo	Hor.	Prof.	Material de origem	Teor de argila	Grau de floculação	CTC	CO ⁽¹⁾	Sat. de bases	Hm/Hm + Gt	Fe ₂ O ₃ ataque sulfúrico	FeD ⁽²⁾	FeO/FeD ⁽³⁾
		cm		%		cmol _c dm ⁻³	dag kg ⁻¹	%		dag kg ⁻¹		
LU	AB	40-70	Gnaisse	68	85	5,6	5,58	1	-	12,8	11,49	0,03
	Bw2	110-200		71	97	2,3		3	0,03	13,6	10,49	0,03
	BC1	1000		74	99	1,4		3	-	14,1	8,39	0,01
	BC2	1100		30	97	1,6		1	-	14,5	14,11	0,02
PE1	Bt	35-70	Gnaisse	52	85	6,9	2,02	74	0,15	8,8	6,49	0,07
PE2	Bt	20-60	Anfibolito	58	97	2,4	2,41	65	0,62	13,7	3,73	0,15
BV1	Bt	40-90	Anfibolito	40	26	10,5	1,92	83	0,56	9,6	5,90	0,13
BV2	Bt	35-70	Anfibolito	47	48	12,1	2,27	85	0,71	9,4	2,44	0,22
TR	Bt	25-55	Anfibolito	71	98	8,6	2,97	54	0,68	22,7	8,09	0,13
V	Cv	20-60	Anfibolito	38	54	14,6	2,47	97	0,00	6,8	2,13	0,24
PVC	Bt	30-65	Sedimentos argilosos	54	98	3,0	1,74	80	0,15	21,7	8,50	0,07

⁽¹⁾ Carbono orgânico do horizonte superficial. ⁽²⁾ Ferro extraído em cinco extrações sucessivas por ditionito citrato bicarbonato.

⁽³⁾ Relação entre o ferro extraído por oxalato e o ferro extraído por ditionito na primeira extração.

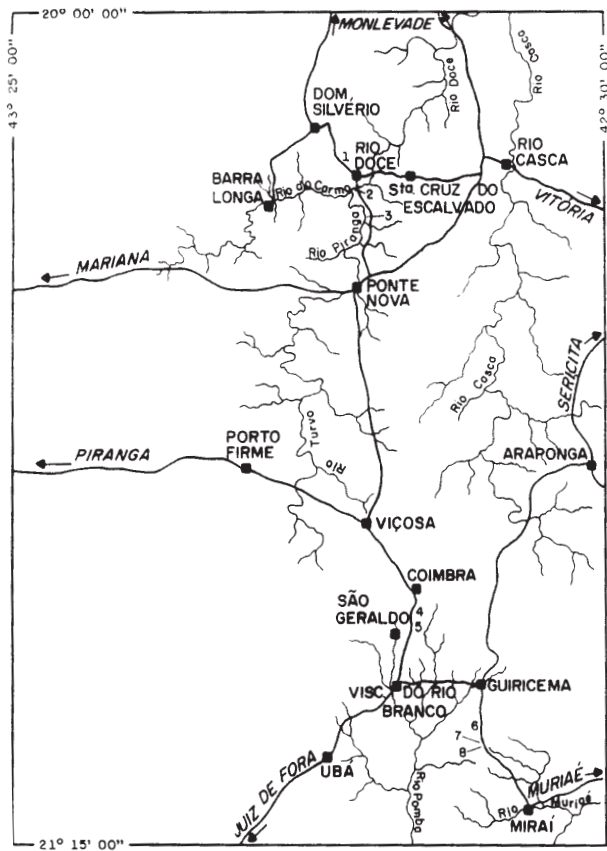


Figura 1. Localização aproximada dos perfis estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Latossolo Una (LU)

O perfil em questão apresenta uma microestrutura típica dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Una da região da Zona da Mata de Minas Gerais. Estudos detalhados sobre a microestrutura de horizontes B latossólicos, desde o solum até o alterito, são escassos (Schaefer et al., 1995), e os processos pedogenéticos envolvidos ainda são pouco esclarecidos (Perecin & Campos, 1976; Stoops & Buol, 1985). O quadro 2 resume as principais características micropedológicas estudadas.

No horizonte AB, são comuns as feições pedobiológicas, tais como: microagregação bimodal, inclusões biogênicas em microagregados, ao lado de carvões, grãos de quartzo e restos orgânicos, em virtude da proximidade do horizonte A superficial. Restos vegetais lignificados e carvão ocorrem em meio ao plasma isotrópico, formado por microagregados oxidicos típicos (Figura 2a), com tamanhos variáveis, mas com maior frequência entre 50-120 μm , entremeados a microagregados esféricos

a subsféricos, na faixa de 300-450 μm , sendo raros aqueles maiores que 500 μm . Nos agregados maiores, formados pela coalescência de agregados menores, observou-se um fenômeno de migração localizada de Fe, concentrando-se nas bordas (Figura 2d), revelando microssítios de oxirredução, com destruição preferencial de hematita sobre goethita, a exemplo do descrito por Macedo & Bryant (1989).

Além disso percebe-se que a própria matéria orgânica, presente à superfície, condiciona menor atividade de Fe^{3+} em solução e favorece a formação de goethita em detrimento à hematita (Schwertmann & Taylor, 1989). São observáveis ainda feições discretas e descontínuas de deposições (ou formação) de plasma argiloso mais claro, com certa anisotropia óptica, na superfície dos microagregados e canais, indicando a presença de alguma argila dispersa, recobrando, em filmes delgados e descontínuos, os agregados, o que pode estar associado à presença de quantidades maiores de matéria orgânica, agindo como agente dispersante (Coleman et al., 1989), ou a um princípio de eluviação que poderia evoluir para podzolização, conforme postulado por Melo & Santos (1996) em solos de Tabuleiros. De fato, os valores de argila dispersa em água (ADA) são bem maiores em AB que nos horizontes subjacentes (Quadro 1), que apresentam maior grau de floculação. Este fato corrobora as observações de Perecin (1973) e Moniz (1996), de horizontes B latossólicos (com trama intertética) evoluírem para horizontes argílicos (B texturais com trama porfiriosquelética), quando as condições físico-hídricas para iluviação de argila ocorrerem. Neste caso, a presença de argila dispersa nos horizontes superiores pode ser o fator que dispara, ou um processo de argiluviação com consequente entupimento de poros em subsuperfície, ou sua remoção lateral.

A presença de pelotas excrementais de microartrópodes, ligadas a restos de raízes e carvão (Figura 2b) indica intensa formação atual de microagregados de tamanhos entre 20-50 mm, cuja coalescência pode levar à formação de agregados maiores e estáveis pela bioplasmação, conforme já assinalado por Schaefer (1996). Em contrapartida, alguns autores afirmam que a estabilidade dos agregados oxidicos dependem apenas de forças físico-químicas (Arca & Weed, 1966), ou da natureza dos minerais de argila presentes (Baver, 1935; Russel, 1934; Sideri, 1936). Segundo trabalhos relativos à gênese de agregados maiores (Deshpande et al., 1946) e suas feições micropedológicas (Kubiena, 1938), outros fatores, além da natureza da argila e das características físico-químicas, seriam responsáveis pela gênese e estabilidade destes agregados.

Nos microagregados maiores, ocorrem relíquias de micronódulos vermelhos (hematíticos) e grãos quartzosos (Figura 2c) ou, ainda, pseudomorfo de mica em forma de estrias alongadas que revelam

intenso retrabalhamento e assimilação de materiais dos horizontes inferiores (alteritos), possivelmente pela ação biológica combinada de cupins e formigas (Schaefer, 1996). Esta feição pedobiológica da presença de hematita pisolítica foi descrita e interpretada como tal por Schmidt-Lorenz (1980), Stoops (1989 e 1991) e Baert & Van Ranst (1997) em solos da África, bem como identificada por Muggler & Buurman (1997) em Latossolos e Cambissolos Latossólicos do Brasil, que foram igualmente interpretados como estruturas reliquias de origem

pedobiológica. A tendência atual, em clima úmido, da destruição da hematita e maior acúmulo de matéria orgânica, favorecendo a “xantização” (amarelecimento ou goethização) dos solos, deve levar à destruição destas feições reliquias, que se preservam graças à proteção conferida pelos agregados maiores e mais estáveis.

No horizonte Bw2, o plasma é isotrópico e homogêneo, com estrutura microgranular forte e maior frequência de agregados na faixa de 50-180 mm, e porosidade de 50 a 60%. A feição micropedológica

Quadro 2. Características micromorfológicas de horizontes do Latossolo Una (LU)

Característica avaliada	Horizonte			
	AB	Bw2	BC1	BC2/Saprolito
Matriz do solo (luz plana e polarizada)	Moderadamente isotrópica, com anisotropia localizada em alguns microagregados maiores (composta)	Isotrópica, homogênea	Isotrópica, homogênea, com zonas anisotrópicas	Altamente anisotrópica
Tipo de microestrutura e pedalidade	Microgranular moderada, com arranjo face a face	Microgranular forte com sinais de degradação	Maciça e microgranular fraca, muito coalescida, com sinais de degradação	Apédica, maciça com padrão porfirítico
Composição do Esqueleto	Quartzo e raros minerais escuros/opacos, nódulos ferruginosos	Quartzo, nódulos ferruginosos	Quartzo, nódulos de Fe	Feldspatos, quartzo, pseudomorfos de mica (sericita) e minerais escuros acessórios
Macroporosidade aproximada ⁽¹⁾	50-60%	50-60%	30-50% (variável)	10-30% (variável)
Tipo e forma dos poros	Canais intergranulares e cavidades interagregadas policôncavas, regulares; pedoporos	Canais intergranulares interconectados, regulares; cavidades interagregadas policôncavas; pedoporos	Canais intergranulares mal conectados, irregulares; pedoporos e litoporos	Vazios e raros canais; litoporos
Cor do plasma	Bruno-Avermelhado claro a Vermelho-Amarelo	Vermelho-Amarelo, com zonas Bruno-Avermelhadas claras	Vermelho-Amarelo com áreas Vermelho-Escuras e Bruno-Amareladas-Escuras	Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, com zonas brunadas
Estruturas cutânicas	Argila dispersa interagregada; evidência de microssítios de redução e migração de Fe em microagregados maiores (auréolas ferruginosas)	Argila dispersa interagregado, discreta, mas conspicua	Cutãs ausentes; argila dispersa abundante, ligando microagregados	Ausentes
Feições pedobiológicas	Microagregação bi-modal termítica com atividade de microartrópodes	Microagregação bi-modal termítica com atividade de microartrópodes	Microagregação bi-modal termítica	Canais biológicos preenchidos; túbulos
Estruturas associadas	Raízes, pelotas fecais de microartrópodes, abundantes fragmentos de carvão (com até 500 µm); raízes e restos lignificados; estruturas orgânicas humificadas	Abundantes fragmentos de carvão, em geral menores que em BA	Abundantes fragmentos de carvão, semelhante ao LU (Bw2)	Nodulação e formação de áreas ferruginizada, indicando microssítios de redução/oxidação

⁽¹⁾ Avaliada pela contagem de no mínimo 1.000.000 pixels de imagens escaneadas de dois campos correspondentes à área de 10 mm², utilizando-se o programa ADOBE-PHOTOSHOP.

mais conspícua é a presença de discreto envolvimento de argila dispersa interagregada, com fraca anisotropia (Figura 2e), revelando uma desestabilização nas condições pedoclimáticas atuais. Microagregados com origem atribuível à ação pedobiológica são típicos dos Latossolos de ocorrência nos topos mais aplainados da paisagem da Zona da Mata de Minas Gerais (Schaefer, 1995). Não há, contudo, qualquer tendência à formação de agregados

maiores em blocos pela expansão e contração do solo, no horizonte Bw2, nesta profundidade.

Já na base do horizonte BC1, a aproximadamente 10 m de profundidade, ocorre um horizonte menos estruturado, com microagregação muito coalescida, porém microscopicamente evidente, cujo plasma é mais avermelhado. O plasma, no microscópio, é bem distinto do anterior (Figura 2f), com a presença de distintos filmes de argila orientada ao longo dos

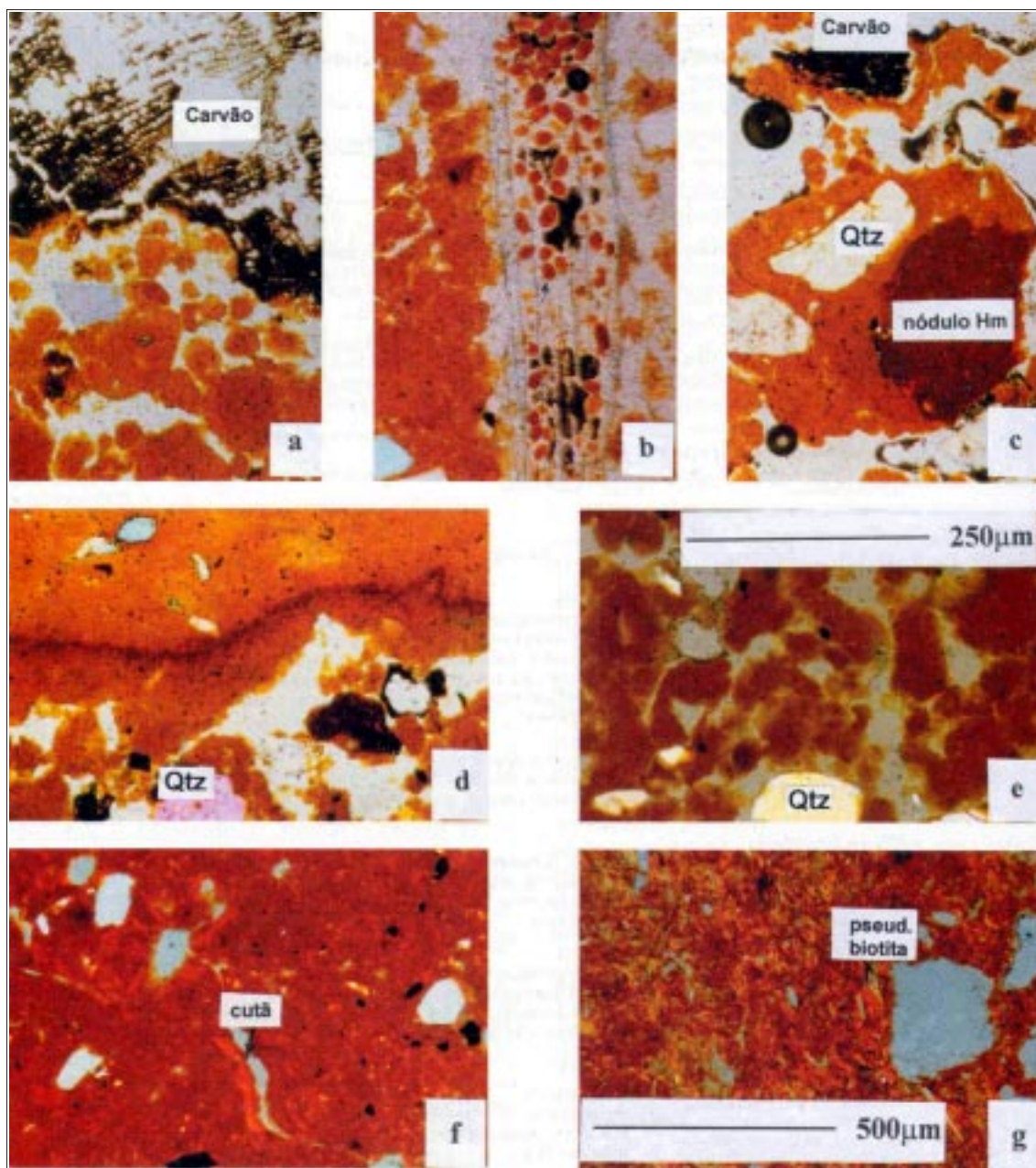


Figura 2. Fotomicrografias dos horizontes estudados do Latossolo Una: AB (a, b, c, d), Bw2 (e), BC1 (f) e BC2 (g). As fotomicrografias a-e obedecem à barra de escala de 250 μm; f-g com barra de 500 μm.

poros e canais, mas que não caracterizam cutãs de iluviação, à semelhança do processo de estruturação de horizontes óxicos mais profundos, descritos por Stoops & Buol (1985). Essas zonas de concentração de argila dispersa representam o processo de pedoplasmação (Flach et al., 1968; Eswaran et al., 1975), com origem provável no intemperismo *in situ* de biotita/sericita e orientação de caulinitas formadas, com pouca ou nenhuma movimentação lateral ou descendente, e, portanto, sem caracterizar argila iluvial. Com o peso do solo sobrejacente e ciclos de expansão e contração pela dessecação e umedecimento sazonais, acentuados pela exposição das camadas subsuperficiais em função do corte rodoviário, percebe-se uma tendência à quase total coalescência dos microagregados, o que é favorecido pela natureza caulínica da fração argila.

Abaixo da linha de pedras (cascalheiro de quartzo arestado), o saprolito mostra grande contraste micropedológico em relação ao *solum*, com forte anisotropia da matriz apédica e maciça, com abundantes pseudomorfos de biotita/sericita e caulinita (Figura 2g) distribuídos aleatoriamente. Ocorrem zonas de pedoplasmação incipiente em pedotúbulos, pois a profundidade de amostragem corresponde ao topo do saprolito, em contato com o horizonte BC1, muito profundo. Assim, em menos de 50 cm, do BC1 para o BC2, há uma transição marcante do horizonte B latossólico mais profundo, com microagregação nítida e cores amareladas, para o saprolito praticamente apédico, com tonalidades róseo-avermelhadas. Neste último, numerosos canais e túbulos de origem biológica são preenchidos por materiais plásmicos, evidenciando escavação e transporte ascendente de materiais e posterior preenchimento descendente dos canais da frente de intemperismo pedobiológico com materiais dos horizontes superiores, conforme observaram Rezende (1980) e Corrêa (1984).

Brunizéns Avermelhados (BV1 e BV2)

No horizonte Bt do BV1, ocorre uma microestrutura em blocos subangulares de 10 a 15 mm, pouco desenvolvida, com conexão moderada entre os poros maiores, sendo o grau de pedalidade moderado. O plasma é Bruno-Avermelhada escuro, com domínios de argilãs Vermelho-Amarelos e concentrações plásmicas Vermelho-Escuras, com muitas litorrelíquias impregnadas de óxidos de ferro (Quadro 3; Figura 3a). As superfícies de deposição iluviais ou peliculares são bem distintas e comuns, mas ocorrem de forma descontínua, onde são comuns neocutãs (Lima et al., 1985) em forma de cúpulas (Jongmans & Miedema, 1987), recobrimdo grãos e superfícies de agregados. Essas feições de recobrimento podem estar ou não associadas à cerosidade macroscópica (Schaefer, 1995).

Admite-se que muitos desses recobrimentos argilosos (cutãs) encontrem-se quebrados e imersos

na matriz do solo, evidenciando que a constante expansibilidade e o retrabalhamento desses cutãs possam estar destruindo e reconfigurando esses filmes, causando o aparecimento de uma trama birrefringente granoestriada e poroestriada (Bullock & Thompson, 1985) com zonas crescentiformes sem direção preferencial. Essa destruição de argilãs e a assimilação dentro da matriz do solo já foram descritas na literatura (Bennema et al., 1970; Percin & Campos, 1976; Eswaran, 1978), identificadas como pápulas. A porosidade é, em grande parte, litopórica, porém com pedoporos comuns causados por bioturbação.

A associação dos recobrimentos cutânicos (argilãs e ferrãs) com a presença de argila dispersa revela um caráter iluvial, mas grande parte dos recobrimentos deve ter sido gerada *in situ*, como cutãs de estresse (Lima et al., 1985) ou intemperização (Mermut & Pape, 1971). No solo BV2, a superfície dos agregados com formato em blocos evidenciou a presença de cutãs iluviais delgados, em forma serrilhada ("*ridge-like cutan*"), conforme Sullivan & Koppé (1994), indicando o papel da argiluviação no solo em questão (Figura 4c), além de possível formação de cutãs de tensão, causados pela atividade de argila.

No esqueleto, ocorrem abundantes grãos reliquiais de anfibólios e olivinas corroídos (Figura 3b), em variados graus de dissolução, com clivagens preenchidas pelo plasma ferruginoso de composição amorfa, corroborada pela relação Feo/Fed mais elevada do BV2, em torno de 0,22 (Quadro 1). A ocorrência de fissuras e canais com angulosidades acentuadas próximos aos grãos indica que estes podem estar formando alguma esmectita (alteração bissialítica), cuja maior expansibilidade tenderia a formar estrutura em blocos. Este mineral tenderia a caulinizarse rapidamente em virtude da remoção acentuada de Si pelos litoporos e bioporos (alteração monossialítica).

Nesse solo, ocorrem, ainda, fácies de preenchimentos de fissuras (Figura 3c) com fragmentos (xenomorfos) de quartzo, pseudomorfos de micas e feldspatos intemperizados, com plasma birrefringente característico de materiais de preenchimento. Nas bordas, ocorre impregnação ferruginosa amorfa (neocutã) que delimita esses poros. Em muitos agregados, as feições de recobrimento iluviais são ausentes ou muito discretas, indicando a destruição de feições cutânicas ou a imaturidade do solo. Neste solo, não se observaram quaisquer feições de microagregação oxidica. O grau de pedalidade mostrou-se moderado.

Em BV2, a dificuldade em identificar cutãs e revestimentos iluviais, como observados e descritos no campo no Bt, devida à sua alteração pela reorganização imposta pela tensão (estresse). Holzhey et al. (1974) concluíram que argilãs iluviais são raramente preservados em solos com

Quadro 3. Características micromorfológicas de alguns horizontes Bt ou Cv selecionados dos solos

Característica avaliada	Amostra			
	BV 1 – Rio Doce	BV 2 – Guiricema	PE 2 – São Geraldo	TR – Guiricema
Matriz do solo (luz plana e polarizada)	Anisotrópica, com domínios isotrópicos ocasionais	Anisotrópica, com domínios isotrópicos ocasionais	Moderadamente isotrópica, homogênea, com matriz birrefringente característica	Anisotrópica, com domínios isotrópicos
Tipo de microestrutura e pedalidade	Incompleta, fraca, blocos subangulares grandes (10-20 mm)	Incompleta, fraca, blocos subangulares grandes (10-15 mm)	Incompleta, moderada, blocos (5-10 mm) subangulares, com micragregação primária de arranjo face a face forte (caulinitico) entre 250-500 µm	Desenvolvida, forte; blocos angulares e subangulares, com 2-10 mm, com micragregação primária de forte anisotropia quando delgados, de tamanho entre 100-500 µm
Composição do esqueleto	Quartzo e fenocristais de anfibólios e micas, parcialmente intemperizados	Quartzo e abundantes cristais de anfibólios e olivina parcialmente intemperizados com goethãs (pleocroísmo verde sob PL), raros pseudomorfos de biotita	Quartzo e mineral escuro opaco (anatásio/magnetita ?); nódulos de hematita	Quartzo, epidoto, minerais escuros opacos (anatásio/magnetita ?); nódulos de hematita; raros pseudomorfos de anfibólios e piroxênios
Macroporosidade aproximada ⁽¹⁾	30-35%	30%	45-50%	40-45%
Tipo e forma dos poros	Canais retilíneos conectados, angulosos, abundantes vazios e vesículas; cavidades intrapedais associadas a expansão e contração do plasma	Canais retilíneos conectados, angulosos, abundantes vazios e vesículas; cavidades intrapedais associados à expansão e contração do plasma	Canais intergranulares mal conectados, cavidades e vesículas (preenchidas com plasma)	Canais intergranulares bem conectados, cavidades, vesículas e poros intrapedais
Cor do plasma	Vermelho-Amarelo a Vermelho-Escuro	Bruno-Avermelhado Escuro, com zonas Vermelho-Amarelas e Vermelho Escuras	Vermelho-Amarelo a Vermelho-Escuro	Vermelho-Escuro a Bruno-Avermelhado Escuro
Estruturas cutânicas	Raros cutãs, alguns degradados, interpedais	Cutãs (argilãs e ferrãs) abundantes intra e interpedais, argila dispersa com pouca anisotropia; restos de plasma orientado dentro dos pedis	Cutãs degradados (argilãs e goethãs) interpedais, ligando agregados; argila dispersa	Cutãs delgados (argilãs e goethãs) sem conexão aparente com desenvolvimento atual de estrutura; fragmentos de cutãs
Feições pedobiológicas	Canais biológicos e raras pelotas fecais	Abundantes canais biológicos; túbulos e raras pelotas fecais	Microagregados Termíticos coalescidos, canais biológicos	Microagregados termíticos coalescidos ou não, canais biológicos
Estruturas associadas	Raros fragmentos de carvão e raízes; nódulos macios	Raros fragmentos de carvão e raízes; nódulos macios	Fragmentos de carvão, abundantes nódulos degradados e fragmentados; raros fragmentos vegetais lignificados	Nódulos, fragmentos de carvão, fragmentos vegetais humificados
Característica avaliada	PE 1 – Serra São Geraldo	V – Vertissolo Serra Guiricema	PVC – Ponte Nova	
Matriz do solo (luz plana e polarizada)	Moderadamente isotrópica, homogênea, com domínios anisotrópicos orientados	Fortemente anisotrópica	Moderadamente isotrópica, com domínios anisotrópicos	
Tipo de microestrutura e pedalidade	Incompleta, fraca, blocos subangulares pequenos formados da coalescência de microagregados primários de 250-500 µm	Maciça, fraca, com incipiente evidência de blocos angulares incompletos	Incompleta, fraca, blocos (5-15 mm) subangulares com alguma micragregação primária com 250-500 µm	
Composição do esqueleto	Quartzo, grãos de feldspatos, biotita pseudomorfa, nódulos ferruginosos degradados	Fenocristais de anfibólios, alguns desgastados, com preenchimento de argilãs nas fraturas (esmectitas?), micas e quartzo	Quartzo, nódulos de hematita e manganês; abundantes pseudomorfos de caulinita após biotita; biotitas degradadas; raros feldspatos	
Macroporosidade aproximada ⁽¹⁾	45-50%	Variável (25-30%)	45-50%	
Tipo e forma dos poros	Canais intergranulares bem conectados, cavidades interpedais	Cavidades, planos de fraqueza com superfícies "cizalhadas", raros canais	Canais intergranulares bem conectados; cavidades intra e interpedais	
Cor do plasma	Bruno-amarelado claro e escuro; vermelho-amarelo	Esverdeado e brunado, com zonas bruno-amareladas e vermelho escuras	Bruno-amarelado claro a escuro; vermelho-amarelo e bruno avermelhado	
Estruturas cutânicas	Cutãs (argilãs) iluviais típicos, orientados	Restos de plasma orientado herdado; superfícies orientadas em planos de cizalhamento; cutãs iluviais ausentes	Raros cutãs iluviais, especialmente recobrimdo vazios	
Feições pedobiológicas	Microagregados termíticos coalescidos ou não; canais biológicos	Raras raízes e canais biológicos	Microagregados termíticos coalescidos; canais biológicos; raízes;	
Estruturas associadas	Fragmentos de carvão, matéria orgânica lignificada e nódulos ferruginosos	Planos de cizalhamento orientados, retilíneos, formando ângulos agudos na intersecção; sinais locais de processo redox, com microplintização e formações de dendritos de Mn e concreções Fe/Mn	Fragmentos de carvão; abundantes nódulos hematíticos; restos vegetais lignificados.	

⁽¹⁾ Avaliada pela contagem de no mínimo 1.000.000 pixels de imagens escaneadas de dois campos correspondentes à área de 10 mm², utilizando-se o programa ADOBE-PHOTOSHOP.

COLE > 5% e mineralogia esmectítica, e com COLE > 9%, se a natureza é caulinitica. A trama birrefringente estriada descrita neste solo e interpretada como zonas de mosaico de “soldagem” de argila orientada já foi identificada em horizontes argílicos por McCormack & Wilding (1974), Holzhey et al. (1974), e em Alfissolos (Eswaran, 1978), correspondendo, de forma geral, ao plasma mossépico (Lima et al., 1985).

Em conclusão convergente à de Bullock & Thompson (1985), a identificação óptica geral de “cutãs de tensão” (Lima et al., 1985) versus “argilãs iluviais” permanece um problema sem solução, especialmente em solos argilosos, o que torna a descrição morfológica de campo um critério mais objetivo para sua identificação, embora esta não permita deduções sobre os processos que levam, ou levaram, à deposição/formação destes revestimentos,

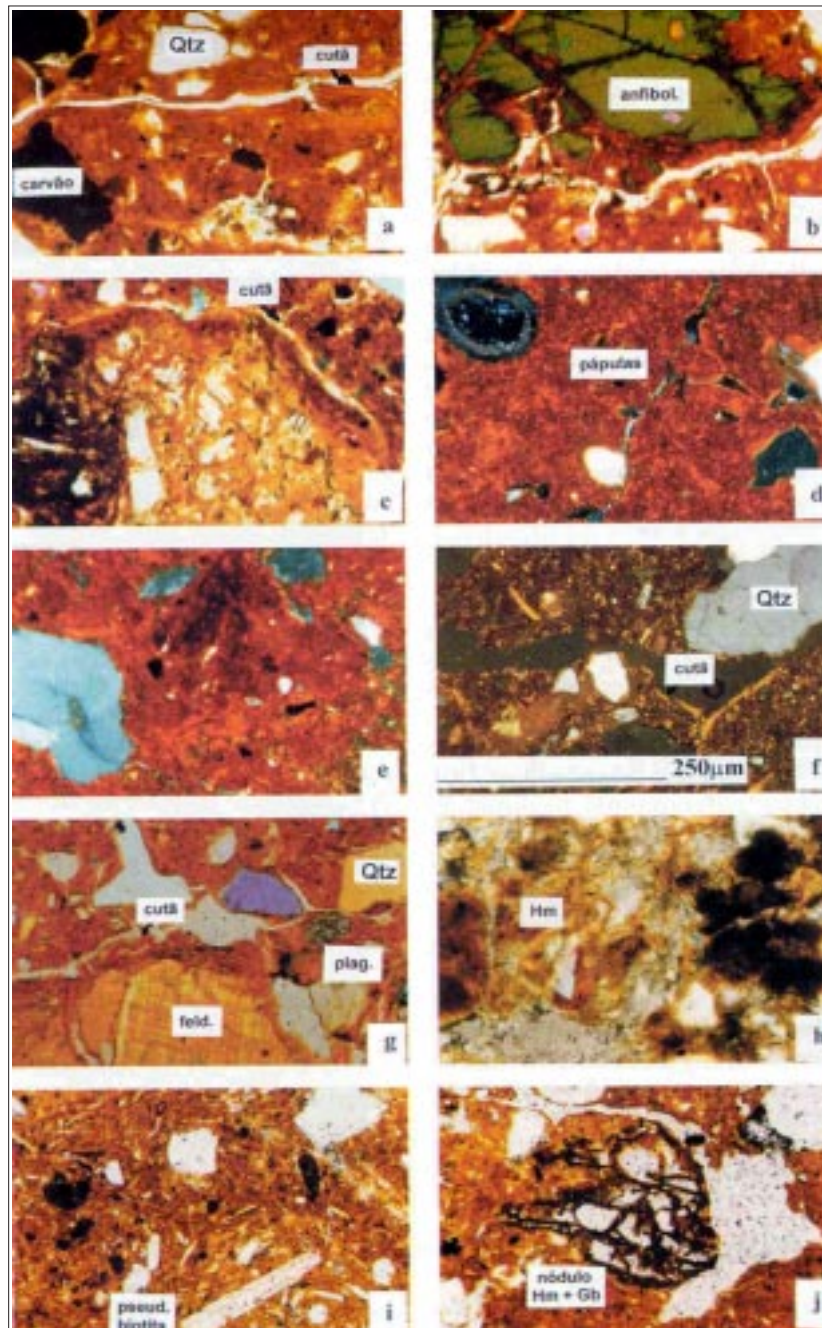


Figura 3. Fotomicrografias de horizontes de solos com horizontes Bt e Cv. Todas estão na mesma escala.

nem à sua espessura e desenvolvimento. Problemas relacionados com a normatização da correta identificação da cerosidade e avaliação de seu grau precisam ser mais trabalhados pelos pedólogos brasileiros, objetivando obter critérios consistentes nos levantamentos de solos realizados no Brasil.

Podzólico Vermelho-Escuro (PE1)

O horizonte Bt deste solo apresentou, no campo, uma estrutura moderada em blocos subangulares, com cerosidade fraca e pouca. Em seção delgada, a maioria das superfícies dos agregados em blocos não apresenta revestimentos generalizados de argilãs, embora sejam facilmente discerníveis delgados filmes de argilãs em certas porções, ao longo de poros e canais, caracterizando cutãs iluviais típicos, pois recobrem indistintamente agregados e grãos de quartzo e feldspato do esqueleto (Figuras 3f e 3g), sendo, porém, de natureza descontínua. Como a cor do plasma é mais amarelada que a dos horizontes Bt descritos nos BV, os revestimentos são mais discerníveis em microscópio do que os observados em plasmas avermelhados, especialmente em solos muito argilosos. Em aparente contradição, poder-se-ia afirmar que a cerosidade deve ser mais facilmente reconhecida a olho nu em solos mais vermelhos, sendo mais dificilmente percebida em solos amarelados ou brunados, enquanto o oposto ocorre em nível micropedológico. Em submicroscópio, foram evidenciados cutãs de iluviação típicos, em forma serrilhada ("ridge-like"), confirmando o papel da argiluviação neste solo (Figura 4b).

Podzólico Vermelho-Escuro (PE2)

No horizonte Bt deste solo, ocorre uma microestrutura em blocos subangulares pouco desenvolvida e o plasma é moderadamente isotrópico e homogêneo, apresentando domínios multiestriados, quando observada com nicóis cruzados, em virtude da presença conspicua de argila orientada intra e interpedal. O plasma é parcialmente formado de oxidróxidos pouco cristalinos, como demonstra o valor relativamente alto da relação Feo/Fed (0,15). A estrutura em blocos parece formar-se em virtude da natureza caulinítica (alteração monossilática) e do forte preenchimento do espaço interagregado dos microagregados, presentes originalmente (Figura 3d). Esses microagregados, interpretados como de origem termítica, são facilmente observáveis com nicóis cruzados. Em muitos canais e poros, contudo, não ocorrem feições de recobrimento cutânico visíveis (Quadro 3), ou ocorrem de forma discreta e descontínua, embora uma cerosidade moderada/forte e comum tenha sido descrita no campo, na observação macroscópica.

Terra Roxa Estruturada (TR)

No horizonte Bt deste solo, foi descrita uma estrutura forte, pequena, em blocos subangulares e angulares, com cerosidade forte e abundante.

A microestrutura confirma a tendência à estrutura em blocos angulares e subangulares, com 2-10 mm, e a presença de uma microagregação primária em "micropeds", entre 100-500 mm, fortemente coalescidos pela presença de plasma ferruginoso vermelho-escuro, com anisotropia, indicando a formação de revestimentos abundantes (cutãs?), inter e intra-agregados; não há, contudo, a presença de argila iluvial típica, com argilãs distintos na superfície de agregados (Figura 3e), tampouco as zonas de revestimento em poros e canais parecem não ter relação com a cerosidade descrita em campo.

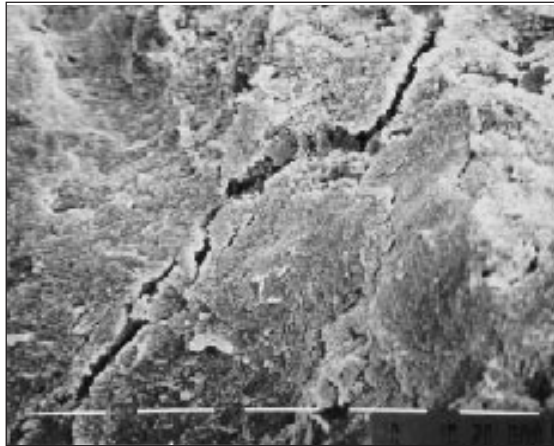
Portanto, a exemplo do solo anterior (PE2), mostra evidência de cerosidade forte em nível macroscópico, cuja gênese deve associar-se à delgada reorientação do plasma na superfície dos agregados, sem constituir, necessariamente, argila iluvial. Como esses revestimentos são delgados, a microscopia óptica não os evidencia tão claramente, mesmo em maiores aumentos. Contudo, a superfície dos peds em microscópio eletrônico de varredura mostra distintos filmes lustrosos a exemplo do observado por Schaefer (1995) em Podzólicos com cerosidade evidente, sem confirmação microscópica, porém observáveis na escala submicroscópica com o microscópio eletrônico de varredura (Figura 4a). Essa constatação deve aplicar-se à maioria dos horizontes B texturais com argila de atividade baixa, onde a argiluviação aparentemente não é forte, embora ocorra cerosidade macroscópica evidente, de acordo com a expansão e contração do solo (cutãs de tensão).

Neste solo, foram ainda observados restos de plasma orientado imersos na matriz dos agregados, com fragmentos de cutãs/ferrãs isolados (Figura 3e), ilustrando a importância dos ciclos de expansão e contração em solos cauliníticos, com ou sem argila expansiva, para a gênese de estrutura em blocos e de sucessivas "gerações" de argilãs, constantemente formados e destruídos pela intensa ação pedobiológica. A presença de microagregados revela uma estrutura primária fortemente dependente da atividade biológica, ilustrando o caráter dinâmico da formação de horizontes B óxicos e B texturais, conforme comentado por Perecin & Campos (1976) e Moniz (1996).

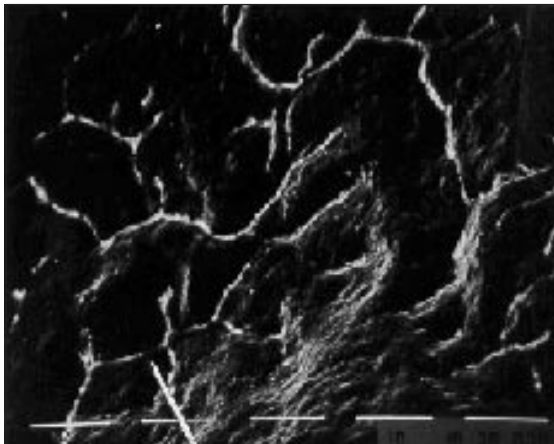
Vertissolo (V)

No horizonte Cv do Vertissolo da Serra de Guiricema, observaram-se feições micropedológicas bem peculiares, que o distinguiram dos demais solos. A estrutura é fraca com tendência a maciça, com pouco desenvolvimento de blocos angulares, relacionados aparentemente com superfícies de fricção que originam uma estrutura delimitada por fissuras e poros aplainados (Nettleton & Sleeman, 1985).

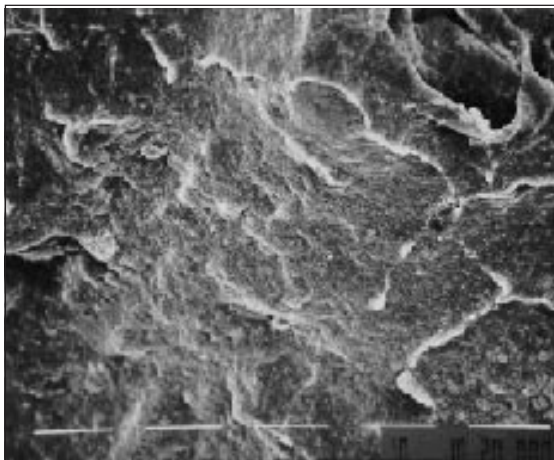
Entre os grãos ocorrem abundantes fenocristais reliquias de anfibólios, alguns intemperizados e com preenchimentos argilosos (possíveis esmectitas)



(a) TR – S. Guiricema – 1500 X – Superfície lisa do agregado em bloco; cutãs de estresse, sem feições serrilhadas (“ridge like cutan”), revelando papel da expansão e contração da matriz do solo.



(b) PE1 – S. S. Geraldo – 1000 X -Cutãs de revestimento abundantes na superfície do agregado em bloco, indicando cerosidade serrilhada associada à iluviação de argila, conforme Sullivan & Koppi (1994).



(c) BV2 – S. Guiricema – 1500 X -Feições de cerosidade serrilhadas, discretas e conspícuas na superfície lustrada do agregado em bloco, indicando iluviação.

Figura 4. Fotomicrografias em microscópio eletrônico de varredura, ilustrando feições de recobrimento argilosos na superfície de agregados em blocos dos solos TR (a), PE1 (b) e BV2 (c).

nas fraturas e fissuras. A porosidade óptica deste solo é reduzida (25-30%), sendo predominantemente superfícies cisalhadas e friccionadas, com ângulos abertos, sugerindo uma relação com “slickensides”. Ocorrem abundantes relíquias de plasma orientado, possivelmente cutãs de tensão, formando pápulas conspícuas, com anisotropia óptica (Figura 3h). Anisotropia óptica manifesta-se em feições diagonais e pápulas foram descritas por Nettleton & Sleeman (1985), sendo características distintas da micropedologia de Vertissolos (Hernandez et al., 1979). Na lâmina, vê-se o aspecto nebuloso causado pela presença de argila 2:1 mais hidratada (esmectita) em tamanho de silte, além de nódulos de hematita em processo de destruição, evidenciando solo policíclico, com influência de um período anterior mais seco que o atual. O grau de alteração do solo indica bissialitização com segregação dos óxi-hidróxidos de Fe diretamente dos anfibólios.

Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (PVC)

No horizonte Bt do PV câmbico do terraço aluvial do Rio Doce, a estrutura em blocos descrita em campo correlacionou com uma microestrutura em blocos fraca (5-15 mm) e incompleta, que agrega poucos microagregados primários e um plasma mais maciço, com inclusões nodulares (hematíticas), formando agregados pela coalescência e soldagem. Parece evidente, assim, a natureza pré-intemperizada do substrato sedimentar (Corrêa, 1984) e o caráter câmbico deste solo (Costa, 1973). No esqueleto, predominam pseudomorfos de biotita (domínio anisotrópico) (Figura 3i), com menores quantidades de quartzo, nódulos e glóbulos ferruginosos e manganosos (Figuras 3i e 3j). Neste solo, a exemplo do descrito por Schaefer (1995) para Podzólicos câmbicos da região de Viçosa, não há feições iluviais (cutãs) evidentes em nível óptico, como se poderia supor pela cerosidade comum descrita no campo, o que reforça o caráter câmbico dos solos. Este fato ilustra que a gênese dessa cerosidade está fortemente ligada a processo de expansão e contração, com simples formação de cutãs de tensão, discretos em nível micropedológico.

Nódulos de hematita com núcleos parcialmente gibbsitizados (Figura 3j) mantêm-se preservados em meio ao plasma argiloso uniforme. Essa feição micropedológica pode ser relacionada com os altos teores de Fe_2O_3 encontrados nesses solos, indicando a composição heterogênea do substrato sedimentar, oriundo da erosão e desmonte de saprolitos, onde esses nódulos são abundantes, conforme constataram Pinto (1971) e Benites (1998).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

1. O horizonte B do Latossolo estudado apresentou forte microestrutura com influência marcante de atividade biológica, que tende a coalescer

intensamente em profundidade e tornar-se apédico no saprolito, separado por cascalheiro de quartzo.

2. Nódulos de hematita em processo de degradação foram observados, indicando o processo atual de goethização (xantização) dos solos, notável no Vertissolo e em fase avançada no Latossolo Una, este último certamente por se tratar de solo com gênese policíclica.

3. O Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico, apesar de apresentar cerosidade comum no campo não teve essa característica confirmada no microscópio, razão da adjetivação de câmbico. Esse solo evidencia nódulos de hematita circundados por gibbsita, o que poderia contribuir para explicar a manutenção dos altos teores de óxidos de ferro desses solos.

4. O estudo micromorfológico evidenciou que alguns solos que apresentaram cerosidade forte em macroscópio não a evidenciaram claramente em microscópio, sendo esse fato mais marcante nos solos mais vermelhos. Solos mais amarelados mostraram cerosidade fraca no campo, mas com fácil detecção de cutãs iluviais em microscopia óptica.

5. A não-confirmação, ao microscópio, da cerosidade descrita em campo, além das constantes subjetividades na sua descrição, indica a necessidade da intensificação de estudos (descrição x micropedologia) na tentativa de melhor aferição e consistência de resultados.

LITERATURA CITADA

- ARCA, M.N. & WEED, S.B. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide and clay. *Soil Sci.*, 101:164-170, 1966.
- BAERT, G. & van RANST, E. Comparative micromorphological study of representative weathering profiles on different parent materials in the Lower Zaire. In: SHOBA, S.; GERASIMOVA, M. & MIEDEMA, R., eds. *Soil micromorphology: studies on soil diversity, diagnostics and dynamics*. Wageningen, Pudoc, 1997. p.28-40.
- BAVER, L.D. Factors contributing to the genesis of soil microstructure. *Am. Soil Survey Association. Bulletin*, 16:55-56, 1935.
- BENITES, V.M. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 123p. (Tese de Mestrado)
- BENNEMA, J.; JONGERIUS, A. & LEMOS, R.B. Micromorphology of some oxic and argillic horizons in South Brazil in relation to weathering sequences. *Geoderma*, 4:333-355, 1970.
- BISDON, E.B.A. & DUCLOUX, J. Submicroscopic studies of soils. Amsterdam, Elsevier, 1983. 356p. (Developments in Soil Science, 12)
- BREWER, R.; SLEEMAN, J.R. Soil structure and fabric. Melbourne, CSIRO Division of Soils (Australia), 1988. 173p.
- BULLOCK, P. & THOMPSON, M. L. Micromorphology of Alfisols. In: DOUGLAS, L.A. & THOMPSON, M.L., eds. *Soil micromorphology and soil classification*. Madison, Soil Science Society of American, 1985. p.15-47. (Special Publication, 15)
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSIMA, T. & BABEL, U. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, Waine Research Pub., 1985. 152p.
- CARNEIRO, L.R.S.; ANTONELLO, L.L. & BEZERRA, T.C.L. Estudo micropedológico e pesquisa sobre a gênese de Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico da região do Vale do Rio Doce-Minas Gerais. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1977. 137p.
- CARVALHO FILHO, A. Caracterizações mineralógica, química e física de solos de duas unidades de paisagem do Planalto de Viçosa-MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 114p. (Tese de Mestrado)
- COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Manoa, University of Hawaii, 1989. 249p.
- COSTA, L.M. Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais, na região de Viçosa, e sua interpretação para uso agrícola. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973. 55p. (Tese de Mestrado)
- CORRÊA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do Planalto de Viçosa, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 87p. (Tese de Mestrado)
- DESHPANDE, T.L.; GREENLAND, D.J. & QUIRK, J.P. Role of iron oxides in the bonding of soil particles. *Nature*, 201:107-107, 1946.
- ESWARAN, H.; SYS, C. & SOUSA, E. Plasma infusion. A pedological process of significance in the humid tropics. *An. Edafol. Agrobiol.*, 34:665-674, 1975.
- FITZPATRICK, E.A. Soil microscopy and micromorphology. New York, John Wiley & Sons, 1993. 304p.
- FLACH, K.W.; CADY, J.G. & NETTLETON, W.D. Pedogenic alteration of highly weathered parent materials. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9., Sydney, 1968, Transactions. Sydney, International Society of Soil Science, 1968. v.4. p.343-351.
- HERNANDEZ, C.M.R.; FERNANDEZ-CALDAS, E.; FEDOROFF, N. & QUANTIN, P. Les Vertissols des Iles Canaries Occidentales. Etude physico-chimique, mineralogique et micromorphologique. *Pedologie*, 29:71-107, 1979.
- HOLZHEY, C.S.; YECK, R.D. & NETTLETON, W.D. Microfabric of some argillic horizons in Udic, Xeric and Torric Soil environments of the United States. In: RUTHERFORD, G.K., ed. *Soil microscopy*. Kingston, The Limestone Press, 1974. p.747-759.
- JONGMANS, A.G. & MIEDEMA, A. Introduction to soil micromorphology. Wageningen, Wageningen Agricultural University, 1987. 59p.
- KER, J.C. & SCHAEFER, C.E.R. Roteiro da excursão pedológica Viçosa-Sete Lagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Roteiro. Viçosa, DPS/UFV/SBCS, 1995. 46p.

- KUBIENA, W.L. Micropedology. Ames, Collegiate Press, 1938.
- LIMA, P.C.; CURI, N. & LEPSCH, I.F. Terminologia de micromorfologia do solo. B. Inf. SBCS, 10:33-43, 1985.
- MACEDO, J. & BRYANT, R. Preferential microbial reduction of hematite over goethite in a Brazilian Oxisol. Soil Sci. Soc. Am. J., 53:1114-1118, 1989.
- McCORMACK, D.E. & WILDING, L.P. Proposed origin of lattisepic fabric. In: RUTHERFORD, G.K., ed. Soil microscopy. Kingston, The Limestone Press, 1974. p.761-771.
- MELO, F.R.J. & SANTOS, M.C. Micromorfologia e mineralogia de dois solos de Tabuleiro Costeiro de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 20:99-108, 1996.
- MERMUT, A. & PAPE Th. Micromorphology of two soils from Turkey, with special reference to in-situ formation of clay cutans. Geoderma, 5:271-281, 1971.
- MONIZ, A.C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. R. Bras. Ci. Solo, 20:349-362, 1996.
- MUGGLER, C.C. & BUURMAN, P. Micromorphological aspects of polygenetic soils developed on phyllitic rocks in Minas Gerais, Brazil. In: SHOBA, S.; GERASIMOVA, M. & MIEDEMA, R., eds. Soil micromorphology: studies on soil diversity, diagnostics and dynamics. Wageningen, International Society of Soil Science, 1997. p.129-138.
- NAIME, U.J. Caracterização de solos de terraços nas Zonas da Mata e Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 76p. (Tese de Mestrado)
- NETLETON, W.D. & SLEEMAN, J.R. Micromorphology of Vertisols. In: DOUGLAS, L. A. & THOMPSON, M.L., eds. Soil micromorphology and soil classification. Madison, Soil Science Society of American, 1985. p.165-196. (Special Publication, 15)
- NUNES, W.A.G.A., Caracterização física, química, mineralógica, micromorfológica e espectral de alguns solos da zona da mata mineira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 135p. (Tese de Mestrado)
- PERECIN, D. Observações micromorfológicas em sete perfis de solos do município de Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1973. 95p. (Tese de Mestrado)
- PERECIN, D. & CAMPOS, D.A.F. Argila iluviada e gênese em solos podzolizados de Lins e Marília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DOS SOLOS, 15, 1976, Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.461-474.
- PINTO, O.C.B. Formation of kaolinite from a biotite-feldspar gneiss in four strongly weathered soil profiles from Minas Gerais, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1971. 133p. (Tese de Mestrado)
- REZENDE, S.B. Geomorphology, mineralogy and genesis of four soils on gneiss in southeastern Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1980. 143p. (Tese de Doutorado)
- RUSSEL, E.W. The interaction of clay with water and organic liquids as measured by specific volume changes and its relation to the phenomena of crumb formation in soils. Phil. Trans. Royal Soc., 233A:361-389, 1934.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Micropedologia de uma sequência Latossolo-Podzólico de Viçosa, MG. Química e morfologia da superfície dos agregados de Horizontes Bw e Bt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos Expandidos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. v.1, p.372-374.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, P.C. & DUARTE, M.N. Micromorfologia de horizontes B de latossolos brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 25., 1995. Viçosa, Resumos Expandidos. Viçosa, UFV, 1995. v.3. p.1610-1613.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Microstructure of Latosols as long-term biotic constructs. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindóia, USP/SBCS/SLCS, 1996. CD-ROM
- SCHMIDT-LORENZ, R. Soil reddening through hematite from plinthitized saprolite. In: JOSEPH, K.J., ed. In: CONFERENCE ON CLASSIFICATION AND MANAGEMENT OF TROPICAL SOILS, 1980, Kuala Lumpur. Proceedings. Kuala Lumpur, Malaysian Society Soil Science, 1980. p.101-106.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.379-438.
- SIDERI, D.I. On the formation of structure in soil: II. Soil Sci., 42:461-481, 1936.
- STOOPS, G. Relict properties in soils of the humid tropical regions with special reference to Central Africa. In: BRONGER, A. & CATT, J.A., eds. Paleopedology. Cremlingen, 1989. p.95-106.
- STOOPS, G. The influence of the fauna on soil formation in the tropics. Micropedological aspects. Belgique, Académie Royale des sciences Dóutre-mer, v.36. p.461-469, 1991.
- STOOPS, G. & BUOL, S.W. Micromorphology of Oxisols. In: DOUGLAS, L.A. & THOMPSON, M.L., eds. Soil micromorphology and soil classification. Madison, Soil Science Society of America, 1985. p.105-119. (Special Publication, 15)
- SULLIVAN, L.A. & KOPPI, A.J. Submicromorphology of undulating lustrons-faced peds from some clayey soils. Soil Sci., 158:218-223, 1994.