

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DE DUAS TOPOSSEQUÊNCIAS EM TABULEIROS COSTEIROS DO SUL DA BAHIA⁽¹⁾

Ana Maria Souza dos Santos Moreau⁽²⁾, João Carlos Ker⁽³⁾,
Liovando Marciano da Costa⁽³⁾ & Felipe Haenel Gomes⁽⁴⁾

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo caracterizar, física, química e micromorfológicamente, solos desenvolvidos de sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras, no sul da Bahia, bem como solo formado a partir de rocha do embasamento cristalino, sendo este tomado como diferencial entre os demais. Para isso, foram selecionadas e analisadas amostras de horizontes de solos de duas topossequências representativas dos solos dos tabuleiros costeiros: (1) Latossolo Vermelho eutrófico argissólico, Argissolo Amarelo distrófico latossólico e Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico; (2) Argissolo Amarelo distrófico abruptico, Argissolo Amarelo distrófico típico e Espodossolo Cárbico órtico dúrico. A caracterização física constou da determinação da textura, argila dispersa em água, grau de floculação e densidade do solo. As análises químicas consistiram da determinação do pH em H₂O e em KCl, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, H + Al, P, C-orgânico e ataque sulfúrico. Os solos das duas topossequências apresentaram diferenciação quanto às características morfológicas e físicas (textura), principalmente no que se refere à manifestação do caráter coeso. Os Argissolos inseridos no platô mais amplo e menos dissecado apresentaram maior gradiente textural e estado de coesão mais pronunciado. Os valores de densidade do solo, tanto para os horizontes coesos quanto para o fragipã e duripã, foram elevados, guardando uma relação inversa com o teor em matéria orgânica. As principais características micromorfológicas observadas nos horizontes coesos dos Argissolos Amarelos estudados foram: pequena quantidade de poros, atividade biológica e presença de argilas de iluviação, confirmando a presença de B textural.

Termos de indexação: horizonte coeso, fragipã, duripã, grupo Barreiras.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Viçosa – UFV. Realizada com apoio financeiro da FAPEMIG e VERACEL Celulose. Recebido para publicação em julho de 2003 e aprovado em novembro de 2006.

⁽²⁾ Professora Adjunta do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Km 16, Rodovia Ilhéus/Itabuna, CEP 45650-000 Ilhéus (BA). E-mail: amoreau@uesc.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsistas do CNPq. E-mails: liovandomc@yahoo.com.br; jcker@ufv.br

⁽⁴⁾ Doutorando em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: felipehgomes@yahoo.com

SUMMARY: SOIL CHARACTERIZATION OF TWO TOPOSEQUENCES IN THE COASTAL TABLELANDS OF SOUTHERN BAHIA

The objective of the present study was to make the physical and chemical characterization of soils developed on sediments of the Barreiras group, in southern Bahia, as well as soils formed from rocks of the crystalline basement, which were taken as reference. For this purpose, soil horizon samples from two representative toposequences of the Coastal Plain were selected and analyzed: (1) eutrophic argisolic Red Latosol, latosolic dystrophic Yellow Argisol, duric orthic Ferrocyclic Spodosol; (2) dystrophic abruptic Yellow Argisol, dystrophic typic Yellow Argisol and duric orthic carbic Spodosol. Physical characteristics determined were texture, water dispersed clay, flocculation degree, and bulk density. The chemical analysis carried out were the following: pH in H₂O and in KCl, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, H⁺ + Al³⁺, P, organic C and sulfuric acid attack. The soils of the two different topographic sequences differed regarding morphological and physical (texture) characteristics, mainly in the manifestation of the cohesive character. The Argisols inserted where the plateau was wider and less dissected presented a higher textural gradient and more pronounced cohesion state. The bulk density values for the cohesive horizons as well as for the fragipan and duripan were high and were inversely related with the organic matter content. The main micromorphological characteristics observed in the dense horizons of the Yellow Argisols were: low porosity and biological activity, and presence of illuviation argilans, confirming the presence of a textural B horizon.

Index terms: cohesive horizon, fragipan, duripan, Barreiras group.

INTRODUÇÃO

Os solos dos Tabuleiros Costeiros ocupam uma área de aproximadamente 200.000 km² (Jacomine, 1996) e, apesar de toda esta extensão, esses solos apresentam similaridade em suas características pedogenéticas, predominando Latossolos e Argissolos, ambos Amarelos e distróficos. Segundo a Universidade Federal de Viçosa (1984), isso se deve à natureza essencialmente caulinitica e quartzosa dos sedimentos, que, por serem bastante estáveis, não sofreram modificações de vulto com a pedogênese posterior.

A distinção entre os Argissolos e Latossolos nem sempre é nítida, ocorrendo, muitas vezes, solos classificados como intermediários. Uma das principais características que os distingue é o gradiente textural mais pronunciado, identificando o horizonte B textural, pois ambos apresentam horizonte B espesso, com pouca diferenciação de sub-horizontes, tendência de grau de flocculação elevado em porção expressiva do horizonte B, particularmente a superior, baixa relação silte/argila, composição mineralógica semelhante e predominantemente caulinitica e ausência virtual de cerosidade, mesmo com gradiente textural elevado. (Achá Panoso, 1976; Fonseca, 1986; Embrapa, 1995).

Além dos Argissolos e Latossolos Amarelos, ocorrem, em pequenas áreas dos Tabuleiros Costeiros, Argissolos Acinzentados e Espodossolos, particularmente em áreas mais deprimidas, apresentam, em sua maioria, horizonte pã claro e endurecido, fragmentado e quebrável após imersão em água (fragipã) ou

contínuo e não-quebrável mesmo após imersão em água (duripã). (Brasil, 1976; Oliveira et al., 1992; Embrapa, 1994, 1995).

É comum, ainda, em áreas de tabuleiros do Sul da Bahia a ocorrência de solos bastante vermelhos, normalmente Argissolos, sempre destacando-se dos platôs dos tabuleiros, por ocorrerem em cotas altimétricas ligeiramente ou perceptivelmente mais elevadas (Embrapa, 1994; Correa, 2005), sugerindo origem a partir de rochas do pré-cambriano, que, frequentemente, afloram na área sob a forma de pontões. Os teores de Fe₂O₃ obtidos por digestão sulfúrica nem sempre são elevados, dificultando a confirmação de sua origem a partir da referida rocha.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar solos de duas toposseqüências: (1) Latossolo Vermelho eutrófico argissólico, Argissolo Amarelo distrófico latossólico e Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico; (2) Argissolo Amarelo distrófico abruptico, Argissolo Amarelo distrófico típico e Espodossolo Cárbico Órtico dúrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram descritos e coletados seis perfis de solos (Lemos & Santos, 1996) desenvolvidos a partir de sedimentos argilo-arenosos do Grupo Barreiras e de rochas do embasamento cristalino que afloram nos Tabuleiros Costeiros. Os solos das duas toposseqüências

estudadas localizam-se entre os paralelos $16^{\circ} 00' S$ e $16^{\circ} 30' S$ e os meridianos $39^{\circ} 20' W$ e $40^{\circ} 00' W$ Gr, nos municípios de Eunápolis e Itagimirim, no Sul da Bahia (Figura 1). Na primeira topossequência, (Figura 2), foram reconhecidas as classes Latossolo Vermelho, Argissolo Amarelo e Espodossolo Ferrocárbico, e, na segunda (Figura 3), Argissolos Amarelos e Espodossolo Cárbico.

A área de ocorrência dos solos estudados insere-se no domínio morfoestrutural dos Piemontes Costeiros, que se caracteriza por feições predominantemente

conservadas, com interflúvios tabulares representados pela unidade geomorfológica denominada Tabuleiros Costeiros, o que corresponde aos baixos platôs costeiros do Terciário assentes sobre rochas do Pré-Cambriano (BRASIL, 1976). De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta tipo climático Am, quente e úmido, com pequena estação seca, temperaturas elevadas 25 e $27^{\circ} C$ e índice pluviométrico elevado. A vegetação primária original era do tipo Floresta Tropical Subperenifólia, hoje com uso atual local de eucalipto, pastagem, mamão, remanescente florestal e mata secundária.

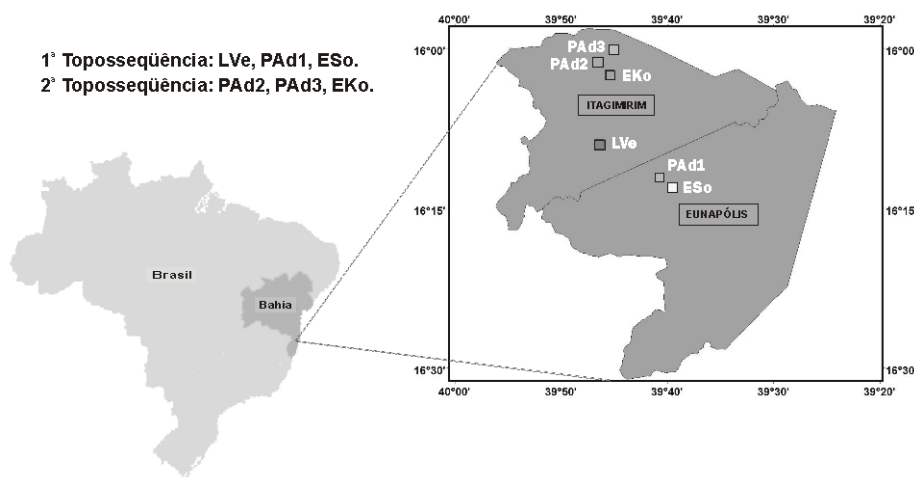


Figura 1. Localização geográfica da área com os respectivos pontos de coleta de solo.

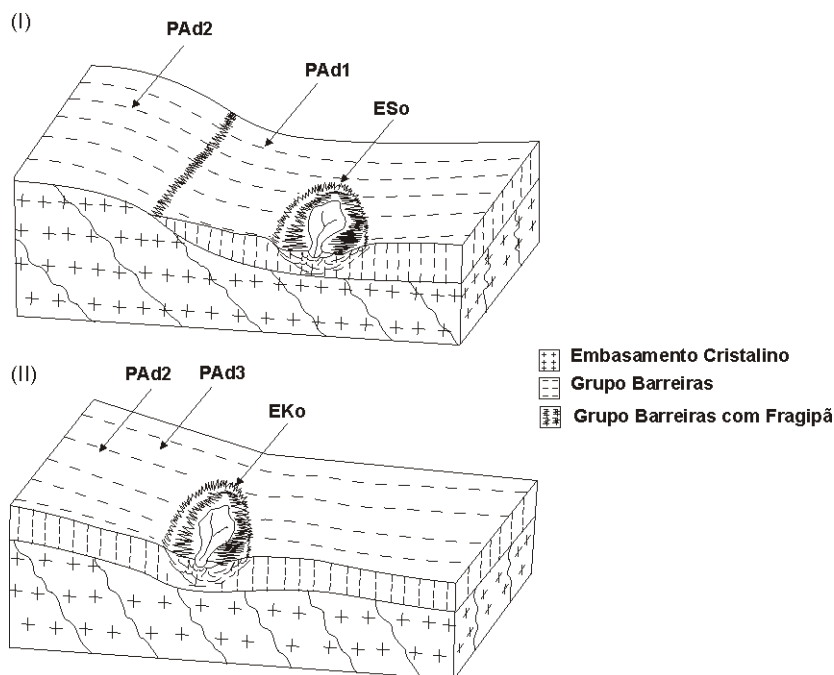


Figura 2. Topossequências indicando a situação e coleta dos solos: (I) Latossolo Vermelho eutrófico argissólico (LVe), Argissolo Amarelo distrófico latossólico (PA d1) e Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico (ESo); (II) Argissolo Amarelo distrófico abrupto (PA d2), Argissolo Amarelo distrófico típico (PA d3), e Espodossolo Cárbico órtico dúrico (EKO).

Os solos selecionados foram examinados, e o material coletado foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira de malha de 2 mm, a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida a análises físicas e químicas descritas sucintamente a seguir.

As características físicas analisadas foram: densidade do solo, determinada pelo método do torrão parafinado (Blake & Hartge, 1986); análise granulométrica e argila dispersa em água (Embrapa, 1997). A caracterização química procedeu-se, segundo métodos constantes em Embrapa (1997), sendo analisados: pH em H₂O e em KCl 1 mol L⁻¹, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, P, C-orgânico e H + Al.

O ataque sulfúrico foi realizado em tubo de digestão de 75 mL, transferindo 0,5 g de TFSA triturada e passada em peneira com abertura de malha de 0,5 mm, juntamente com 20 mL de H₂SO₄ 9 mol L⁻¹, que foi aquecido em bloco digestor por uma hora a 170 °C, com posterior resfriamento, diluição e filtragem. No filtrado, determinaram-se os teores de Al, Ti e P, por colorimetria; de Fe e de Mn, por espectrofotometria de absorção atômica, e, no resíduo, o teor de Si foi determinado por colorimetria (Embrapa, 1997).

A descrição micromorfológica foi realizada em lâminas delgadas (6 x 3 cm) preparadas a partir de blocos indeformados impregnados com uma mistura de resina poliéster (POLYLITE T – 208) e estireno, adicionando-se, ainda, catalisador e pigmento ultravioleta. As lâminas foram descritas, utilizando-se um fotomicroscópio petrográfico Axioplan Zeiss, com base nas terminologias sugeridas por Brewer (1976), traduzidas por Lima et al. (1985) e modificadas por Brewer & Sleeman (1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características morfológicas e micromorfológicas

A primeira topossequência (Figura 2) apresentou, na sua porção intermediária, Argissolo Amarelo latossólico, assim classificado pelo aspecto latossólico (estrutura fraca se desfazendo em moderada pequena granular, com solo mais úmido) na porção inferior do horizonte B, próximo a 150 cm de profundidade (Quadro 1). Este parece ser um fato bastante comum em solos intemperizados e profundos (Latosolos e Argissolos Amarelos) do Barreiras, onde a diferença básica entre eles é o gradiente textural. Os valores de Ki (Quadro 4) revelam mineralogia caulinítica (Resende & Santana, 1988), sendo condizente com sua estrutura fraca em blocos subangulares (Quadro 1). A cor amarelada reflete o predomínio de goethita como óxido de ferro na fração argila.

Na porção inferior da primeira topossequência, constatou-se a ocorrência de um Espodossolo Ferrocárbico. A nítida variação textural do Argissolo Amarelo latossólico em direção a este solo, confirmada pela textura verificada em campo mediante tradagens ao longo desta topossequência, indica que a gênese do Espodossolo parece refletir a destruição de argila no sentido mencionado, a exemplo do que foi verificado por Chauvel (1982), em sequência de solos na Amazônia, e pela Embrapa (1995), em Pernambuco, onde se observou a gradação de Argissolo Amarelo até um Espodossolo com fragipã. A acidólise (Wilding et al., 1983) com intensa destruição de argila e migração lateral de ácidos húmicos com posterior formação de Espodossolo parece a melhor explicação para a gênese destes solos, conforme também destacado por Chauvel (1982).

O fato de um solo com cerca de 260 g kg⁻¹ de argila no horizonte A e 470 g kg⁻¹ de argila no horizonte B originar um solo arenoso com 920 g kg⁻¹ de areia no horizonte Bhs (Quadro 2), em uma distância relativamente curta (cerca de 50 m), leva a admitir a saída quase que completa de argila pelas águas que drenam a área, com muito pouco acúmulo na área abaciada onde se encontra o Espodossolo. Desta forma, outras hipóteses para a gênese do Espodossolo parecem também pertinentes: (a) desenvolvimento a partir de material das fácies de granulometria grosseira do próprio Barreiras, e (b) deposição de material arenoso do quaternário sobre o Barreiras. Klinge (1965), por exemplo, mostra que a ocorrência de material arenoso nas porções deprimidas e a conseqüente formação de Espodossolos estão relacionadas com sedimentos de origem fluvial, mais arenosos que os de Barreiras, depositados sobre a borda dos vales. As duas últimas hipóteses assinaladas anteriormente não podem ser negligenciadas pelo fato de o Espodossolo apresentar-se como um “bi sequum”, sugerindo dois eventos de sedimentação.

Assim, o fato de a primeira topossequência estar inserida em platô ligeiramente mais dissecado indica que os solos foram formados sob condições pedogenéticas de remoção mais intensa que os da segunda topossequência (Figura 2). Nestas condições, acredita-se que o próprio material do Barreiras tenha sido afetado diretamente pela podzolização, ao longo do tempo, originando os Espodossolos. Constatações similares foram feitas por Lucas et al. (1984) e Mafra et al. (2002), em solos da região Amazônica, por Ucha et al. (2002), em solos dos tabuleiros costeiros no litoral norte da Bahia.

O Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), coletado na porção superior da primeira topossequência (Figura 2), apresenta valores de Fe₂O₃ obtidos com ataque sulfúrico bem mais elevados que aqueles observados para o Argissolo Amarelo do presente estudo e de vários outros consultados na literatura (Achá Panoso, 1976; Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Embrapa, 1994; Correa, 2005) para fins de comparação. A distância

Quadro 1. Características morfológicas dos solos das topossequências estudadas

Horizonte		Cor		Estrutura	Cerosidade	Consistência			Transição
Símbolo	Prof.	Seca	Úmida			Seca	Úmida	Molhada	
cm									
1ª Topossequência									
Latossolo Vermelho eutrófico argissólico – LVe									
A	0-15	2,5YR 3/4	10R 2,5/2	2MGr	-	LD	MFr	NPI/LPe	pg
BA	15-55	10R 4/6	10R 3/2	1PBS	-	LD	Fr	NPI/Pe	pg
Bw ₁	55-90	10R 4/6	10R 3/6	1PBS e 3MPGr	-	LD	Fr	NPI/Pe	gd
Bw ₂	90-120+	10R 3/6	10R 3/4	1PBS e 3MPGr	-	Ma	MFr	NPI//Pe	-
Argissolo Amarelo distrófico latossólico – PAd1									
A	0-11	10YR 4/2	10YR 3/2	1 e 2 PGr	-	Ma	MFr	NPI/NPe	pc
AB	11-30	10YR 7/6	10YR 6/6	2 P e MPBS	-	LD	Fr	NPI/LPe	pg
BA	30-59	10YR 7/6	10YR 6/6	1 P e MPBS	-	LD	Fr	PI/LPe	pg
Bt ₁	59-86	10YR 7/6	10YR 6/6	1P e MBS e 3MPGr	-	LD	Fr	PI/LPe	pg
Bt ₂	86-132	10YR 7/6	10YR 6/8	1MBS e 3MPGr	-	LD	Fr	PI/LPe	pg
Bw	132-150+	10YR 7/6	10YR 6/8	1MBS e 3MPGr	-	LD	MFr	PI/LPe	-
Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico – ESo									
A ₁	0-10	2,5Y 2/0	2,5Y 2/0	1PBS e GS	-	S	S	NPI/NPe	pc
A/E	10-20	2,5Y 7/2	2,5Y 6/0	GS	-	S	S	NPI/NPe	pc
E	20-80	10YR 5/2	10YR 4/2	GS	-	S	S	NPI/NPe	pc
Bhs	80-93	10YR 3/3	10YR 3/4	1PBS	-	LD	Fi	NPI/NPe	pg
Bs	93-115	10YR 3/4	10YR 3/3	Maciça	-	D	MFi	NPI/NPe	pg
2A	115-118	2,5Y 2/0	2,5Y 2/0	GS	-	S	S	NPI/NPe	pc
2A/E	118-132	2,5YR 7/0	2,5YR 6/0	GS	-	S	S	NPI/NPe	Pc
2Bh	132-137+	10YR 5/1	10YR 4/1	GS	-	S	S	NPI/NPe	-
2ª Topossequência									
Argissolo Amarelo distrófico abruptico – PAd2									
A	0-20	10YR 3/2	10YR 5/2	1PBS e GS	-	Ma	MFr	NPI/NPe	pc
Bt ₁	20-35	7,5YR 6/8	7,5YR 6/8	2 M e PBS	1c	D	Fr	LPI/Pe	pg
Bt ₂	35-72	10YR 5/6	10YR 4/6	2 M e PBS	1c	D	Fr	LPI/Pe	pg
Bt ₃	72-110	10YR 5/6	10YR 4/6	2 M e PBS	1p	D	Fr	LPI/Pe	pg
Bt ₄	110-130+	10YR 5/6	10YR 4/6	2 M e PBS	1p	D	Fr	LPI/Pe	-
Argissolo Amarelo distrófico típico – PAd3									
A	0-16	10YR 5/2	10YR 4/2	1PBS e 2PGr	-	Ma	MFr	NPI/NPe	pg
AB	16-28	10YR 6/3	10YR 6/4	2PBS	1p	D	Fr	LPI/LPe	pg
Bt ₁	28-100	10YR 7/4	10YR 6/4	2PBS	1p	D	Fr	LPI/Pe	pg
Bt ₂	100-120+	10YR 7/4	10YR 6/4	2PBS	1p	LD	Fr	LPI/Pe	-
Espodossolo Cárbico órtico dúrico- EKo									
A	0-15	2,5Y 6/2	5Y 4/2	1PBS	-	Ma	MFr	NPI/NPe	pc
E	15-50	5Y 6/2	5Y 5/3	GS	-	D	Fi	NPI/NPe	pg
E/Bhsx	50-80	5Y 7/2	2,5Y 4/2	GS	-	D	Mfi	NPI/NPe	pg
Bhsm	80-100+	2,5Y 7/2	2,5Y 6/2	Maciça	-	MD	Mfi	NPI/NPe	-

Estrutura: 1-fraca; 2-moderada; 3-forte; P-pequena; MP- muito pequena; M-média; Gr-granular; BS- blocos subangulares; GS - grãos simples. Cerosidade (C): 1- fraca; ; p - pouca; c-comum. Consistência: Ma-macia; LD-ligeiramente dura; D-dura; MD-muito dura; Fr-friável; MFr-muito friável; Fi-firme; MFi- muito firme; NPI - não-plástica; LPI- ligeiramente plástica; NPe - não-pegajosa; LPe - ligeiramente pegajosa; Pe- pegajoso. Transição (T): p-plana; g-gradual; d-difusa; c-clara.

Quadro 2. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), relação silte/argila e densidade dos solos estudados

Solo	Horizonte	Prof.	Granulometria				ADA	GF	Silte/argila	Densidade do solo
			Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila				
		cm	g kg ⁻¹					%		kg dm ⁻³
LVe	A	0-15	340	190	110	360	147	59	0,03	-
	BA	15-55	330	50	40	580	26	96	0,05	1,35
	Bw ₁	55-90	300	60	130	510	10	98	0,25	1,29
	Bw ₂	90-120+	300	60	120	520	8	98	0,23	1,24
PAd1	A	0-11	660	70	10	260	85	67	0,07	-
	AB	11-30	530	120	60	290	72	75	0,20	1,57
	BA	30-59	450	90	30	430	77	82	0,04	1,55
	Bt ₁	59-86	370	120	40	470	0,0	100	0,09	1,44
	Bt ₂	86-132	410	90	10	490	0,0	100	0,02	1,37
	Btw	132- 150+	350	100	30	520	0,0	100	0,07	1,30
ESo	A1	0-10	820	110	10	60	0,0	100	0,16	-
	A/E	10-20	730	210	10	50	0,0	100	0,00	-
	E	20-80	710	220	10	60	0,0	100	0,16	-
	Bhs	80-93	750	170	30	50	0,0	100	0,40	1,36
	Bs	93-115	650	280	20	50	0,0	100	0,20	-
	2A	115-118	710	270	0	20	0,0	100	0,50	-
	2A/E	118-132	620	280	30	70	0,0	100	0,43	1,46
	2Bh	132-137+	600	250	60	90	0,0	100	0,67	1,71
PAd2	A	0-20	620	220	30	130	24	82	0,23	-
	Bt ₁	20-35	290	170	30	510	218	57	0,06	1,62
	Bt ₂	35-72	230	120	0	650	0,0	100	0,00	1,57
	Bt ₃	72-110	230	130	0	640	2	100	0,00	1,55
	Bt ₄	110-130+	230	120	0	650	0,0	100	0,00	1,45
PAd3	A	0-16	570	120	40	270	91	67	0,11	-
	AB	16-28	520	90	30	360	161	55	0,11	1,47
	Bt ₁	28-100	380	80	10	530	0,0	100	0,02	1,45
	Bt ₂	100-120+	330	80	20	580	0,0	100	0,02	1,42
EKo	A	0-15	390	230	190	190	4	98	1,00	-
	E	15-50	490	280	100	130	27	79	0,78	1,10
	E/Bhsx	50-80	470	280	110	140	18	87	0,78	1,42
	Bhsm	80-100+	630	250	60	60	0,0	100	1,00	2,03

relativamente pequena entre estes dois solos indica que o LVe parece mesmo desenvolvido de gnaisses melanocráticos do Pré-Cambriano, não inumados pelos sedimentos do Barreiras. A hematita responsável pela coloração vermelha do LVe seria, assim, desenvolvida a partir da biotita presente no gnaisse.

A segunda topossequência (Argissolo Amarelo distrófico abrupto, Argissolo Amarelo distrófico típico → Espodossolo Cárbico órtico dúrico) (Figura 2) insere-

se em uma área de platô mais amplo e menos dissecado que a anterior (Figura 2), condição esta que também favoreceria a acidólise, responsável pelo gradiente textural elevado.

As porções (superior e média) desta topossequência são de domínio dos Argissolos Amarelos e, na porção inferior, predomina solo com sequência A - E - E/Bhsx (com nódulos de fragipã), seguida por horizonte Bhsm, com duripã contínuo. O horizonte E/Bhsx mostrava-

se fragmentado com os espaços entre os nódulos de fragipã preenchidos por material do horizonte E. O fato de o horizonte fragmentado assentar-se sobre um duripã contínuo parece indicativo da destruição de sua porção superior nas condições climáticas atuais. Resultados similares foram relatados por Filizola et al. (2001) em solos com fragipã e duripã nos Tabuleiros Costeiros do nordeste.

O perfil EKo, observado seco, apresentava cores acinzentadas (Quadro 1), nos horizontes superficiais, indicando desferrificação, confirmada pelos resultados do ataque sulfúrico (Quadro 4) e, até certo ponto, gleização, embora a área, apesar de abaciada e com duripã, não seja permanentemente alagada. O umedecimento do horizonte superficial permitiu melhor separação dos horizontes A e E e, apesar de não ter sido constatado aumento de CO no horizonte espódico, em relação ao E, o teor de CO é relativamente elevado no horizonte E/Bhsx (30 g kg⁻¹), sua cor é mais escura e os teores de Fe₂O₃ do ataque sulfúrico (Quadro 4) também são maiores que aqueles obtidos para o horizonte E, justificando sua classificação como Espodossolo Cárbico órtico dúrico, sem a adjetivação geica pensada no campo.

Nos dois perfis de Argissolo Amarelo (PAd2 e PAd3), da segunda topossequência, o caráter coeso foi bastante pronunciado a partir de 20 cm de profundidade, com estrutura fraca/moderada em blocos subangulares (Quadro 1). Apesar do alto gradiente textural, o incremento de argila em profundidade permitiu apenas o registro de cerosidade fraca e pouca.

Pela predominância da caulinita na fração argila e avançado processo de intemperismo, os Argissolos Amarelos (PAd1, PAd2 e PAd3) apresentaram características micromorfológicas bastante homogêneas, diferindo na presença ou não de argilãs de iluviação. O horizonte coeso dos três perfis de Argissolo Amarelo analisados caracteriza-se por uma distribuição porfirógrânica dos grãos em relação ao plasma, isto é, os grãos estão envoltos num plasma denso, contínuo, com pouca tendência ao desenvolvimento do padrão aglutinado (Figura 3). Essa forma de distribuição dos grãos é relatada também por Ferreira et al. (1999), em Latossolo Amarelo do Espírito Santo, e, segundo os autores, deve-se ao ajuste das lâminas de caulinita.

Para o Horizonte Bw, livre de coesão, do Argissolo Amarelo latossólico, a trama foi descrita como granóica a grânica com agregados bem definidos, apresentando estrutura plásmica circular. Na figura 4c, observa-se, ainda, que os agregados variaram de 50 a 200 µm de diâmetro e alguns apresentaram estrutura plásmica estriada circular.

Para o Argissolo Amarelo típico, observaram-se significativo aumento na quantidade de poros e menor coesão entre as partículas, o que pode estar associado ao maior incremento em matéria orgânica, fato justificado por encontrar-se ainda sob mata. Com relação a isto, além do reconhecido efeito da matéria

orgânica na agregação e, portanto, na estrutura do solo, a Universidade Federal de Viçosa (1984) argumenta que a mesma tende a desorganizar o ajuste diante da caulinita, assim, mais próximo à superfície, o aumento de matéria orgânica neutraliza, até certo ponto, o efeito da coesão, mas mesmo aí os solos de tabuleiro tendem a apresentar-se relativamente coesos.

Características físicas

Conforme o quadro 2, os Argissolos Amarelos, tanto da primeira como da segunda topossequência, apresentaram textura média (PAd1 e PAd3) e arenosa (PAd2), no horizonte A, e argilosa (PAd1 e PAd3) e muito argilosa (PAd2), no horizonte B. Isto indica variação na granulometria do material sedimentado, bem como dispersão com retirada preferencial de argila na superfície, resultando em expressivo gradiente textural.

Os teores de silte e, conseqüentemente, da relação silte/argila dos Argissolos Amarelos são baixos, uma vez que esses solos são produtos da alteração de sedimentos pré-intemperizados e edafizados. Assim, a relação silte/argila é própria do material de origem, não expressando bem a maturidade genética do solo.

Os maiores teores de silte, com conseqüente maior magnitude da relação silte/argila no Latossolo Vermelho, devem-se ao fato de ser este solo produto direto do intemperismo de rochas cristalinas. Para esta classe, a adjetivação argissólica no 4º nível categórico justifica-se pelos teores de argila e pelo expressivo gradiente textural entre o A e o BA (Quadro 2).

No Espodossolo Cárbico órtico dúrico, predomina a fração areia grossa sobre as demais frações em todos os horizontes, e o teor de areia (grossa+fina) aumenta com a profundidade. Os teores de argila e silte foram bastante próximos nos diversos horizontes. A gênese de fragipãs e duripãs encontra-se condizente com a citação de Petersen et al. (1970) e Richie et al. (1974), segundo os quais, para a sua formação, os teores de argila não devem ultrapassar 350 g kg⁻¹. Segundo os referidos autores, o aumento da área superficial da argila, a sua contração e expansão praticamente inviabilizam a união entre as partículas do solo por agentes cimentantes em fragipãs e duripãs.

Nos Argissolos, a argila dispersa em água está presente nos horizontes superficiais em razão da presença de matéria orgânica. Os demais horizontes apresentam 100 % da argila floculada. Nos horizontes mais coesos, a argila dispersa em água apresentou valores mais elevados, observando-se graus de floculação mais baixos do que aqueles normalmente referendados para B latossólico.

Os Argissolos Amarelos (PAd1, PAd2 e PAd3) estudados apresentaram densidade do solo (Ds) elevada, com valores entre 1,45 e 1,62 kg dm⁻³ nos horizontes transicionais AB e BA, englobando o Bt no PAd2, perfil com caráter abrupto e muito argiloso, onde a coesão pareceu, no momento da observação de

campo, mais pronunciada e se estendeu a maiores profundidades (1,3 m).

Mesmo no Argissolo Amarelo distrófico típico (PAd3), perfil sob mata, os valores de Ds foram elevados, reiterando as constatações de diversos autores (Achá Panoso, 1976; Universidade Federal de Viçosa, 1984; Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Silva & Ribeiro, 1997) de que a coesão é herdada geneticamente. O fato de a coesão não apresentar-se em todo o perfil do solo justifica-se pela presença da matéria orgânica nos horizontes superficiais e, talvez, pelo umedecimento mais pronunciado em profundidade. Em assim sendo, acredita-se que o adensamento em Latossolos e Argissolos de tabuleiro reflita, também, uma condição climática mais seca. Aliás, mesmo na região Amazônica, nos locais de déficit hídrico mais pronunciado, sul do Pará, por exemplo, a coesão é também muito característica, tanto em Latossolos como em Argissolos Amarelos argilosos.

Segundo Kohnke (1968), a mineralogia do solo influencia a organização das partículas. Assim, pelo fato de o caráter coeso depender da umidade do solo, Resende (1982) e Universidade Federal de Viçosa (1984) propuseram que a coesão em solos de tabuleiro origina-se de possível ajuste de partículas do solo, principalmente da caulinita pela sua forma laminar.

A alta Ds para horizonte coeso, fragipã e duripã, resulta, segundo Jacomine (1974), do arrançamento cerrado das partículas, visto que horizontes de composição similar, porém sem arrançamento cerrado dos componentes e com maior número de macroporos, apresentam valores mais baixos para a densidade do solo. Resende & Santana (1988) evidenciam que partículas da fração areia mal selecionadas e finas favorecem o arrançamento cerrado das partículas e a retenção de umidade, ao passo que partículas de areia mais grosseiras e com maior grau de seleção promovem arrançamento mais solto, propiciando maior permeabilidade e menor retenção de umidade.

Assim, nos Espodossolos, o predomínio de areia grossa e fina em relação à argila parece favorecer o ajuste entre as partículas e este, aliado à ação de agentes cimentantes, confere-lhes maiores valores de Ds.

Características químicas

Análise de rotina

No quadro 3, encontram-se os resultados analíticos das características químicas dos solos estudados. Como já comentado anteriormente, de maneira genérica, afirma-se que os solos dos tabuleiros são muito pobres quimicamente por tratar de solos formados de material de origem previamente pedogenizado, com baixa soma de bases, ácidos e com pouca reserva em nutrientes. Em solos sob mata, onde há maior contribuição da matéria orgânica e, em áreas sob uso do eucalipto, graças à adubação e manutenção da cultura, verificam-se características eutróficas nos horizontes

superficiais, em que o Ca^{2+} e o Mg^{2+} predominam como os principais componentes da soma de bases (SB).

No perfil de Argissolo Amarelo distrófico típico (PAd3), solo sob mata, o valor de soma de bases mostra, mais uma vez, a eficiência da vegetação no reciclo de nutrientes, reduzindo, assim, a sua perda por lixiviação, e ou, erosão, quando comparada à dos demais solos sob eucalipto.

O Espodossolo Cárbico órtico dúrico (Eko), por localizar-se em área depressional da topossequência 2, foi o que apresentou maiores valores de soma e saturação por bases no horizonte A, por se tratar de uma área receptora dos nutrientes trazidos das partes mais altas.

O Latossolo Vermelho (Lve), cuja origem é do intemperismo de rochas do Pré-Cambriano, apresentou maior reserva mineral e, conseqüentemente, maior capacidade de fornecer nutrientes para as plantas. Esta afirmação pode ser constatada pelos valores de soma e saturação por bases acima de 78 % até 90 cm de profundidade, e de 46 % até 120 cm. Nos demais solos, a partir de 35 cm de profundidade, o valor de saturação por bases foi sempre inferior a 25 % (Quadro 3), revelando a pobreza natural do material de origem. No Argissolo Amarelo distrófico latossólico (PAd1) e Argissolo Amarelo distrófico abruptico (PAd2), por exemplo, esse valor foi inferior a 10 %, enquanto a saturação por Al foi superior a 85 %.

Comparando os valores de pH, SB, V e m dos Argissolos Amarelos (PAd1, PAd2 e PAd3), verificou-se que os menores valores de pH (H_2O e KCl), SB e V e maior m foram constatados no perfil de Argissolo Amarelo distrófico latossólico (PAd1), solo este localizado em área mais dissecada e, portanto, mais sujeita a perdas. Para os outros dois Argissolos Amarelos (PAd2 e PAd3), a cobertura vegetal foi o diferenciador para os valores obtidos.

Ataque sulfúrico

Para os solos desenvolvidos de sedimentos do Grupo Barreiras (PAd1, PAd2, PAd3 ESo e Eko), a tendência do Fe_2O_3 foi manter-se em teores abaixo de 80 g kg^{-1} (Embrapa, 1999) em todos os horizontes, com aumento em profundidade. Os menores valores deste óxido foram encontrados no Espodossolo Cárbico órtico dúrico - Eko ($0,4 \text{ g kg}^{-1}$), sendo muito baixos desde a superfície.

Nos Argissolos Amarelos - PAd1, PAd2 e PAd3, os menores teores de Fe_2O_3 foram obtidos nos horizontes superficiais. Segundo a Universidade Federal de Viçosa (1984), os solos do Grupo Barreiras, ao que parece, estão sofrendo processo ainda atual ou pelo menos subatual de perda de Fe junto com a argila, justificando, assim, os menores teores de Fe_2O_3 próximos à superfície. Esses teores acompanham os teores de argila só que numa taxa menor, pois, ou parte dos óxidos de ferro não está ligada à argila ou, a ferrólise destrói mais os silicatos, embora haja alguma perda de Fe também.

Quadro 3. Características químicas dos solos estudados

Solo	Horiz.	pH (1:2,5)		ΔpH	P disp.	CO	Complexo sortivo										
		H ₂ O	KCl				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ (X10 ⁻³)	Na ⁺ (X10 ⁻³)	SB	Al ³⁺	H + Al	T	V	m	
						mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³								%	
LVe	A	7,4	6,8	-0,6	2,06	29	7,24	1,40	31,4	26,2	8,70	0,03	0,61	9,34	93	0	
	BA	7,2	6,5	-0,7	0,55	4	2,44	0,67	28,7	23,2	3,16	0,04	0,42	3,63	87	1	
	Bw ₁	6,3	5,9	-0,4	0,26	3	1,55	0,56	16,6	14,8	2,14	0,04	0,52	2,70	79	2	
	Bw ₂	4,6	4,1	-0,5	0,11	1	0,73	0,46	14,9	13,3	1,22	0,16	1,25	2,62	46	11	
	A	4,8	3,7	-1,1	0,54	19	2,53	0,46	6,8	6,4	3,00	0,48	3,67	7,14	42	14	
PAd1	AB	4,5	3,5	-1,0	0,69	1	0,80	0,20	4,0	4,7	1,01	0,62	3,08	4,70	21	38	
	BA	4,3	3,6	-0,7	0,21	6	0,29	0,12	1,8	3,2	0,41	0,95	1,95	3,32	12	70	
	Bt ₁	4,3	3,7	-0,6	0,05	5	0,06	0,03	2,5	3,1	0,09	0,93	1,85	2,87	3	91	
	Bt ₂	4,2	3,8	-0,4	0,02	3	0,00	0,00	5,9	4,8	0,01	0,91	1,10	2,03	0,7	98	
	Bw	4,4	3,9	-0,5	0,00	2	0,05	0,00	2,4	3,3	0,06	0,82	0,85	1,72	3,2	94	
ESo	A ₁	3,8	2,5	-1,3	1,99	33	1,61	0,52	3,2	5,9	2,14	0,90	7,9	10,88	20	30	
	A/E	4,5	3,6	-0,9	0,44	2	0,07	0,00	0,0	0,9	0,07	0,35	1,5	1,88	4	84	
	E	4,6	3,7	-0,9	1,03	14	0,06	0,00	0,7	2,6	0,07	1,44	8,5	9,97	1	96	
	Bhs	4,1	3,6	-0,5	0,38	37	0,09	0,00	0,6	9,4	0,10	3,07	21,4	24,57	0	97	
	Bs	4,6	3,0	-1,6	1,71	9	0,88	0,00	0,5	0,9	0,89	1,16	6,61	8,66	10	57	
	IIA	4,8	3,2	-1,6	0,06	7	0,14	0,00	0,3	0,5	0,14	0,16	0,93	1,23	12	52	
	IIA/E	4,4	2,9	-1,5	1,90	6	0,63	0,04	0,4	1,0	0,68	0,84	3,98	5,49	12	55	
	IIBh	4,0	3,2	-0,8	0,34	51	0,00	0,99	0,5	4,7	1,00	5,38	29,3	35,72	3	84	
	A	5,9	5,0	-0,9	1,18	11	2,24	0,47	5,8	5,7	2,71	0,06	1,46	4,23	64	2	
	Bt ₁	4,4	3,7	-0,7	0,07	5	0,78	0,18	200	18,7	1,00	0,57	1,69	3,26	31	36	
PAd2	Bt ₂	3,8	3,5	-0,3	0,05	4	0,40	0,26	19,5	22,7	0,70	0,97	1,57	3,24	22	58	
	Bt ₃	3,9	3,6	-0,3	0,05	4	0,05	0,18	10,3	13,5	0,25	1,06	1,25	2,56	10	81	
	Bt ₄	4,0	3,6	-0,4	0,03	3	0,00	0,17	8,7	9,1	0,19	1,03	1,31	2,53	8	85	
	A	6,7	5,8	-0,9	1,21	22	3,83	0,95	15,6	15,0	4,82	0,12	1,68	6,62	73	2	
PAd3	AB	6,0	5,0	-1,0	0,26	10	1,29	0,67	6,7	6,8	1,98	0,19	1,28	3,45	57	9	
	Bt ₁	4,8	3,9	-0,9	0,05	4	0,26	0,39	3,1	3,7	0,66	0,46	1,13	2,24	29	41	
	Bt ₂	4,9	3,9	-1,0	0,05	2	0,06	0,21	10,7	9,5	0,29	0,42	1,17	1,87	15	59	
EKo	A	6,9	6,0	-0,9	3,11	56	9,73	1,41	24,9	23,1	11,19	0,16	3,82	15,16	74	1	
	E	6,1	5,0	-1,1	2,02	33	2,33	0,79	8,9	9,7	3,14	0,24	7,59	10,96	29	7	
	E/Bhsx	5,7	4,7	-1,0	1,88	30	0,17	0,12	4,8	5,8	0,29	0,34	7,93	8,56	3	54	
	Bhsm	5,8	4,7	-1,1	3,26	12	0,30	0,19	5,3	5,5	0,50	0,14	5,97	6,61	8	22	

O Latossolo Vermelho (LVe), onde a cor foi constantemente mais vermelha (10R), apresentou os maiores teores de Fe₂O₃. Neste perfil, obtiveram-se, ainda, menores relações Kr e Al₂O₃/Fe₂O₃. Estes aspectos refletem a maior riqueza em Fe no material de origem (gnaisse do Pré-Cambriano Indiviso), comparado aos solos originados do Grupo Barreiras.

No Espodossolo Cárbico órtico dúrico (EKo), os teores SiO₂ e Al₂O₃ praticamente duplicaram do horizonte E/Bhsx (horizonte com nódulos de fragipã) para o Bhsm (duripã contínuo). Este aumento, no entanto, não foi acompanhado pelo teor de argila (Quadro 2). Esta fração sofreu decréscimo de 140 para

60 g kg⁻¹ e, possivelmente, neste caso, a fração silte ou mesmo a areia fina podem ter sido atacadas pelo ácido sulfúrico.

A alta relação Al₂O₃/Fe₂O₃, no Espodossolo Cárbico (EKo), reitera a afirmação de diversos autores da participação do Al na formação de fragipãs e duripãs (Anderson & White, 1958; Nettleton et al., 1968; Hallmark & Smeck, 1979; Rodrigues e Silva & Leprun, 1997; Duncan & Franzmeier, 1999) e a estreita relação entre o aumento de Fe₂O₃ e o grau de coesão, sendo os solos tão mais coesos e endurecidos quanto menores são seus teores de Fe₂O₃ (Achá Panoso, 1976; Bennema & Camargo, 1979, citados por Fonseca, 1986).

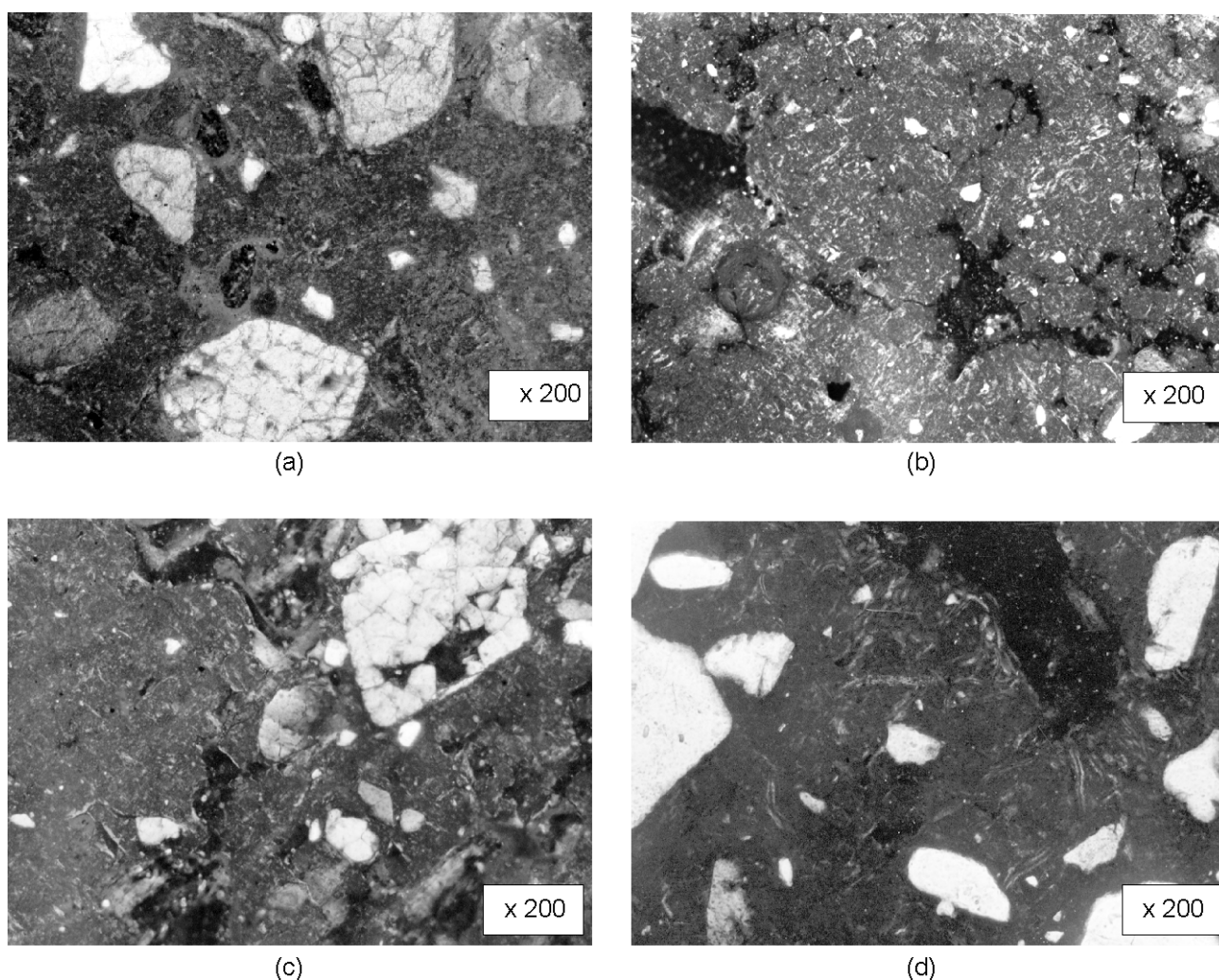


Figura 3. Fotomicrografias de lâminas delgadas de Argissolos Amarelos dos tabuleiros costeiros. (a) parte coesa de um Argissolo Amarelo latossólico, com aspectos subangulares e angulares dos grãos de quartzo envoltos em plasma denso e contínuo e (b) horizonte Bw do mesmo perfil, com agregados bem definidos e estrutura plásmica circular. (c) e (d) argilãs obstruindo completamente os poros em horizonte coeso de um Argissolo Amarelo abruptico e Argissolo Amarelo típico, respectivamente.

Ainda no Espodossolo Cárbico (Eko), tanto a relação molecular K_i quanto a K_r foram baixas, decrescendo da parte superficial para o horizonte E/Bhsx, indicando presença de argila de atividade muito baixa. Resultados semelhantes foram encontrados por Jacomine (1974), no estudo de gênese de fragipã em solos de tabuleiro costeiro do nordeste do Brasil.

Com relação à utilização dos teores de TiO_2 , obtidos ao longo do perfil como medida de avaliação da perda de argila no solo, Fonseca (1986) argumenta que, pelo fato de os óxidos de Ti serem resistentes ao intemperismo, podem permanecer no solo como minerais primários (ilmenita e rutilo) na fração grosseira, ou mesmo na fração argila, na forma de anatásio. Assim, o TiO_2 apresenta baixa solubilidade e pouca mobilidade, podendo ser tomado como referência constante durante a remoção de outros elementos móveis no perfil.

Nos Argissolos Amarelos (PAd1, PAd2 e PAd3) e no Latossolo Vermelho (LVe), a tendência do Ti (corrigido para argila) foi quadruplicar do horizonte A para o B, o que indica estar a argila dispersa dos horizontes superficiais sendo removida em suspensão ou sendo solubilizada.

No Espodossolo Cárbico (Eko), a distribuição de argila e óxido de Ti (corrigido para argila) foi uniforme nos horizontes A, E e E/Bhsx, diminuindo para menos da metade no horizonte Bhsm. Esta uniformidade, associada à baixa dispersão de argila em água e ao baixo gradiente textural, mostra que o solo está menos sujeito aos processos de perda por localizar-se em área depressional. Quanto ao TiO_2 , verificaram-se aumentos expressivos do horizonte A para o E. É provável que o ácido sulfúrico tenha atacado a ilmenita e o rutilo, que são minerais presentes nas frações grosseiras, uma vez que os valores de TiO_2 corrigidos

Quadro 4. Teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, e relações moleculares Al₂O₃/Fe₂O₃, Ki e Kr dos solos estudados

Perfil	Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
g kg ⁻¹								
LVe	A	150,1	124,9	45,6	4,4	4,30	2,04	1,66
	BA	216,4	226,4	67,3	8,4	5,27	1,62	1,37
	Bw ₁	222,4	252,3	71,7	8,0	5,53	1,50	1,27
	Bw ₂	207,4	234,3	97,8	7,5	3,77	1,50	1,19
PAd1	A	99,7	83,5	9,9	3,0	13,23	2,03	1,89
	AB	120,8	102,6	14,2	3,2	11,35	2,00	1,84
	BA	157,0	135,4	19,1	4,6	11,11	1,97	1,81
	Bt ₁	200,3	189,5	24,9	5,7	11,96	1,80	1,66
	Bt ₂	178,6	175,9	22,7	5,1	12,18	1,73	1,59
	Bw	199,3	191,3	25,4	5,5	11,82	1,77	1,63
PAd2	A	42,4	27,1	4,7	1,5	9,03	2,66	2,39
	Bt ₁	189,2	212,5	38,0	9,0	8,79	1,51	1,36
	Bt ₂	219,1	258,9	46,2	7,6	8,79	1,44	1,29
	Bt ₃	221,8	220,6	45,1	6,9	7,68	1,71	1,51
	Bt ₄	221,3	243,4	47,3	7,4	8,08	1,55	1,38
PAd3	A	97,1	87,9	10,9	4,8	12,70	1,88	1,74
	AB	150,4	148,3	19,4	6,4	11,49	1,72	1,59
	Bt ₁	205,1	206,8	28,3	8,5	11,26	1,69	1,55
	Bt ₂	231,4	231,6	32,3	8,7	80,40	1,70	1,56
EKo	A	104	88,6	1,7	7,7	80,40	1,99	1,97
	E	112,9	136,0	0,4	11,4	600,07	1,41	1,41
	E/Bhsx	97,3	134,8	0,5	11,6	396,55	1,23	1,22
	Bhsm	186,3	220,1	1,2	9,7	296,78	1,44	1,43

para argila foram uniformes nos horizontes A, E e E/Bhsx do solo com fragipã e duripã.

CONCLUSÕES

1. Os solos das duas topossequências apresentaram diferenciação quanto às características morfológicas e físicas (textura), principalmente no que se refere à manifestação do caráter coeso.

2. As principais características micromorfológicas observadas nos horizontes coesos foram: pequena quantidade de poros, atividade biológica e presença de grande quantidade de argilãs de deposição. De acordo com esta observação, os horizontes mais coesos foram os dos Argissolos Amarelos com alto gradiente textural. O menos coeso foi o horizonte BA do Argissolo Amarelo latossólico, do topo do tabuleiro.

3. Os Argissolos, localizados em platôs mais amplos e menos dissecados, apresentaram sua gênese relacionada com processos de translocação de argila e, ou, erosão seletiva lateral, resultando em maior

gradiente textural e manifestação do caráter coeso, atingindo maior profundidade e expressividade.

4. A nítida diferença entre os teores de argila do Argissolo Amarelo latossólico em relação ao Espodossolo indicou serem estes solos formados sob condições pedogenéticas de remoção intensa de argila por acidólise.

5. Os altos valores de Fe₂O₃ provenientes do ataque sulfúrico, a maior magnitude da relação silte/argila e a maior reserva mineral indicaram que o Latossolo Vermelho eutrófico formou-se a partir do intemperismo de gnaisses melanocráticos do Pré-Cambriano, não inumados pelos sedimentos do Barreiras.

L ITERATURA CITADA

- ACHÁ PANOSO, L. Latossolo Vermelho-Amarelo de "Tabuleiro" do Espírito Santo: formação, características e classificação. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976. 116p. (Tese de Livre Docência)
- ANDERSON, J.V. & WHITE, J.L. A study of fragipans in some southern Indiana soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22:450-454, 1958.

- ANJOS, L.H.C. Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos-RJ. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1985. 194p. (Tese de Mestrado)
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, 1986. p.363-375.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Espírito Santo. ??? Local ???, 1976. 380p. (Boletim Técnico, 53) ???falta Local ???
- BREWER, R. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, Robert Krieger Publishing Company, 1976. 482p.
- BREWER, R. & SLEEMAN, J.L. Soil structure and fabric. Adelaide, CSCIRO, 1988. 173p.
- CHAUVEL, A. Os Latossolos Amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. *Acta Amaz.*, 12:47-60, 1982. (Suplemento)
- CORREA, M.M. Óxidos de ferro e tipificação de caulinitas na gênese de solos coesos do ambiente dos tabuleiros costeiros. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. ???falta pag??? (Tese de Doutorado)
- DUNCAN, M.M. & FRANZMEIER, D.P. Role of free silicon, aluminum, and iron in fragipan formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:923-929, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 4., Rio de Janeiro, 1994., Anais. Rio de Janeiro, 1994. 131p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 4., Rio de Janeiro, 1994., Anais. Rio de Janeiro, 1995. 157p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa - CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412p.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:507-514, 1999.
- FONSECA, O.O.M. Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986. 185p. (Tese de Mestrado)
- FILIZOLA, H.F.; LAMOTTE, M.; FRITSCH, E.; BOULET, R.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, F.B.R. & LEPRUN, J.C. Os fragipãs e duripãs das depressões dos Tabuleiros Costeiros do nordeste brasileiro: uma proposta de evolução. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:947-964, 2001.
- HALLMARK, C.T. & SMECK, N.E. The effect of extractable aluminum, iron, and silica on strength and bonding of fragipan of northeastern Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:145-150, 1979.
- JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. Anais. Cruz das Almas, EMBRAPA/UFBA, 1996. p.13-26.
- JACOMINE, P.K.T. Fragipãs em Solos de "Tabuleiros": Características, gênese e implicações no uso agrícola. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1974. 85p. (Tese de Livre Docência)
- KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon Basin. *J. Soil.Sci.*, 16:96-103, 1965.
- KOHNKE, H. *Soil physics*. New york, McGraw-Hill Book, 1968. 224p.
- LEMOES R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- LIMA, P.C., CURI, N. & LEPSCH, I.F. Terminologia de micromorfologia do solo. *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 10:33-43, 1985.
- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RAMONI, G. & SCATOLINI, F. Transição Latossolos-Podzóis, sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:325-335, 1984.
- MAFRA, A.L.; MIKLÓS, A.A.W.; VOLKOFF, B. & MELFI, A.J. Pedogênese numa seqüência Latossolo-Espodossolo na região Alto Rio Negro, Amazonas. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:381-394, 2002.
- NETTLETON, W.D.; McCRAKEN, R.J. & DANIELS, R.B. Two North Carolina Coastal Plain catenas. II. Micromorphology, composition and fragipan genesis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32:582-587, 1968.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PETERSEN, G.W.; RANNEY, R.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R.P. Fragipans in Pennsylvania soils: A statistical study of laboratory data. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:719-722, 1970.
- RESENDE, M. *Pedologia*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 100p.
- RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para classificação dos latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1988. p.225-232 (Documentos, 12)

- RICHIE, A.; WILDING, L.P.; HALL, G.F. & STAHNKE, C.R. Genetic implications of B horizons in Aqualfs of northeastern Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 38:351-358, 1974.
- RODRIGUES e SILVA, F.B. & LEPRUN, J.C. Duripãs em solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. RJ. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. Seção 5.
- SILVA, A.J. & RIBEIRO, M.R. Caracterização de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:677-684, 1997.
- UCHA, J.M.; BOTELHO, M.; VILAS BOAS, G.S. RIBEIRO, L.P. & SANTANA, P.S. Uso do radar penetrante no solo (GPR) na investigação dos solos dos Tabuleiros Costeiros no litoral norte do Estado da Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:373-380, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola. Viçosa, 1984. 153p. (Relatório Convênio 545/81)
- WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & HALL, G.F. Pedogenesis and soil taxonomy. II – The soil orders. New York, Elsevier Science Publishing Company, 1988. 410p.