



PAT=OK  
PC=OK

# Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos<sup>1</sup>



Maria Sônia L. da Silva<sup>2</sup>, Egon Klamt<sup>3</sup>, Antônio C. Cavalcanti<sup>4</sup> & Plínio L. Kroth<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada na UFRGS

<sup>2</sup> Embrapa Semi-Árido. CP 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE. Fone: (87) 3862-1711, Fax: (87) 3862-1744. E-mail: [sonia@cpatsa.embrapa.br](mailto:sonia@cpatsa.embrapa.br) (Foto)

<sup>3</sup> Depto. de Solos - Faculdade de Agronomia/UFRGS. CP 776, CEP 90001-970, Porto Alegre, RS. Fone: (51) 3316-6017, Fax: (51) 3316-6050. E-mail: [fklamt@trrra.com.br](mailto:fklamt@trrra.com.br)

<sup>4</sup> Agência Nacional de Águas (ANA) - Superintendência de Usos Múltiplos. Setor Policial Sul - Área 5, Quadra 3 - Bloco L, CEP 70610-200, Brasília, DF. Fone: (61) 445-5349. E-mail: [acabral@ana.gov.br](mailto:acabral@ana.gov.br)

<sup>5</sup> Depto. de Engenharia Química/UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: [plinio@ppgem.ufrgs.br](mailto:plinio@ppgem.ufrgs.br)

Protocolo 097 - 27/6/2001

**Resumo:** Nos tabuleiros sertanejos do Estado de Pernambuco encontram-se solos com adensamento subsuperficial, que provoca limitações no seu uso e, conseqüentemente diminuição da produtividade agrícola. Com o objetivo de identificar a ocorrência de processos geológicos (descontinuidade litológica) e/ou pedogenéticos envolvidos na gênese desse adensamento, selecionaram-se três perfis de solo distribuídos numa seqüência topográfica, localizados nos tabuleiros sertanejos, município de Petrolina, zona semi-árida do Estado de Pernambuco, nos quais foram determinados distribuição granulométrica, morfoscopia da fração areia, parâmetros sedimentológicos, densidade e porosidade, e calculadas as frações areia e silte livres de argila e as relações areia fina, areia média e areia muito fina/areia total e argila fina/argila total. Os resultados indicam que o adensamento subsuperficial não é resultado de processos depocisionais, ou seja, devido a descontinuidade litológica, uma vez que os parâmetros estudados não apresentaram variações em profundidade que indicassem a sua ocorrência.

**Palavras-chave:** tabuleiro sertanejo, solos adensados, processos de formação

## Subsurface compaction in soils of the semiarid: Geological and/or pedogenetical processes

**Abstract:** In the Low Plateaus of Pernambuco State, soils with subsurface compaction are found, which causes limitations in their use and consequently decreases agricultural productivity. With the objective to identify the occurrence of geological (lithological discontinuity) and/or pedogenetical processes involved in the genesis of this compaction, three representative soil profiles were chosen, distributed in a topographical sequence, located in the low plateaus in the municipality of Petrolina in semiarid zone of the State of Pernambuco - Brazil. Determination of granulometric distribution, sand fraction morphoscopy, sedimentologic parameters, density, porosity, calculation of sand and silt fractions free from clay and the relationships between fine sand, average sand, very fine sand/total sand and fine clay/total clay were studied. The results indicate that the subsurface compaction has not resulted from geological processes or due to lithological discontinuity, since the parameters studied did not present variations in depth, which indicates the occurrence of these processes.

**Key words:** low plateaus, hard soils, formation processes

## INTRODUÇÃO

Os tabuleiros sertanejos que constituem unidade geoambiental com potencial agrícola sustentável, são superfícies aplanadas relacionadas a recobrimento de material sedimentar argilo-arenoso do Terciário/Quaternário sobre rocha gnaissicas do Pré-Cambriano, ocupadas por solos de drenagem moderada a imperfeita, com restrições básicas de acidez, baixa fertilidade

e sérias limitações físicas provocadas pela ocorrência marcante de horizontes subsuperficiais adensados (Burgos & Cavalcanti, 1990).

Este adensamento pode ser derivado de processos geológicos (sedimentológicos) e/ou pedogenéticos. A análise granulométrica, que permite classificar-se os componentes minerais de acordo com seus diâmetros, a morfoscopia das frações areia e a mineralogia constituem estudo básico,

segundo a literatura, que poderá fornecer subsídios para estabelecer a origem pedogenética ou sedimentológica (geológica) dos horizontes A e B e, assim, identificar as causas desse adensamento.

Kuzila (1995) sugere que o uso dos dados da distribuição do tamanho de partículas das frações areia e silte, recalculados para uma base livre de argila, pode ser adotado como critério para se estabelecer ou não homogeneidade do material de origem. Stolt et al. (1993); Karathanasis & MacNeal (1994) identificaram descontinuidades litológicas a partir da distribuição do tamanho de partículas livres de argila, das razões areia fina/areia total e Titânio/Zircônio (Ti/Zr) e da composição mineralógica.

O estudo da morfoscopia dos grãos de areia analisa o tamanho, a forma e a textura das partículas, além de indicar a origem, o modo de transporte e as condições de deposição dos sedimentos; igualmente, fornece informações quanto à gênese, por se tratar de um critério básico para caracterização e identificação das variações da natureza geológica ou modo de deposição do material de origem ao longo do perfil do solo (Brewer, 1976; Schaetzl, 1996). Os parâmetros sedimentológicos (estatísticos) da distribuição granulométrica da fração areia (Suguio, 1973) também são utilizados como mais uma ferramenta na detecção de descontinuidades litológicas. Schneider (1977) concluiu, em seu estudo sobre gênese e classificação de alguns solos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, baseado na morfoscopia e nos parâmetros sedimentológicos (estatísticos), que três das quatro unidades de mapeamento examinadas apresentaram descontinuidade litológica.

Silva & Vidal-Torrado (1999) examinando a gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais, perfis localizados na meia encosta e sopé da área estudada, verificaram presença de descontinuidade estratigráfica, pelo aporte de materiais coluviais, detectados pela distribuição desuniforme da relação Ti/Zr e parâmetros sedimentológicos. O mesmo não aconteceu com os perfis localizados no topo da encosta.

A identificação de descontinuidades é mais difícil à medida que o solo se desenvolve (Fine et al., 1992). As translocações e transformações dentro do perfil podem mascarar e confundir as evidências de descontinuidades. Quando há indícios de descontinuidade em solos bem desenvolvidos, é essencial que qualquer dado sobre elemento móvel, como ferro pedogenético e/ou argila translocada (Singer & Fine, 1989) seja removido do conjunto de dados.

O presente estudo foi desenvolvido visando-se identificar a presença de processos geológicos (descontinuidade litológica) e/ou pedogenéticos responsáveis pelo adensamento em horizontes subsuperficiais de solos do tabuleiro sertanejo do Estado de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em solos localizados na Estação Experimental de Manejo da Caatinga, da Embrapa Semi-Árido e no Campo de Produção de Sementes Básicas da Embrapa Escritório de Negócios de Petrolina (antigo Serviço de Produção de Sementes Básicas - SPSB), nos tabuleiros sertanejos, muni-

cípio de Petrolina, zona semi-árida do Estado de Pernambuco, conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1. Localização da área estudada (Fonte: Silva, 2000)

Com base em levantamento pedológico detalhado efetuado na Embrapa Semi-Árido (Burgos & Cavalcanti, 1990) foram selecionados três perfis de solo para a pesquisa. Esses perfis estão distribuídos numa seqüência topográfica, conforme ilustra a Figura 2. O perfil 1 (P1) está localizado na parte mais alta (373 m) e mais preservada do tabuleiro; o perfil 2 (P2) está situado numa transição para a encosta (370 m) em uma área mais exposta e mais retrabalhada, e o perfil 3 (P3) ocupa uma situação de depressão (357 m) com restrição de drenagem. P1 e P2 pertencem à classe dos Argissolos Amarelos Eutróficos abruptos plínticos, textura média/argilosa, A moderado, fase endopedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo plano, e P3 à dos Planossolos Nátrico Tb Sállico típico, textura média/argilosa, A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.

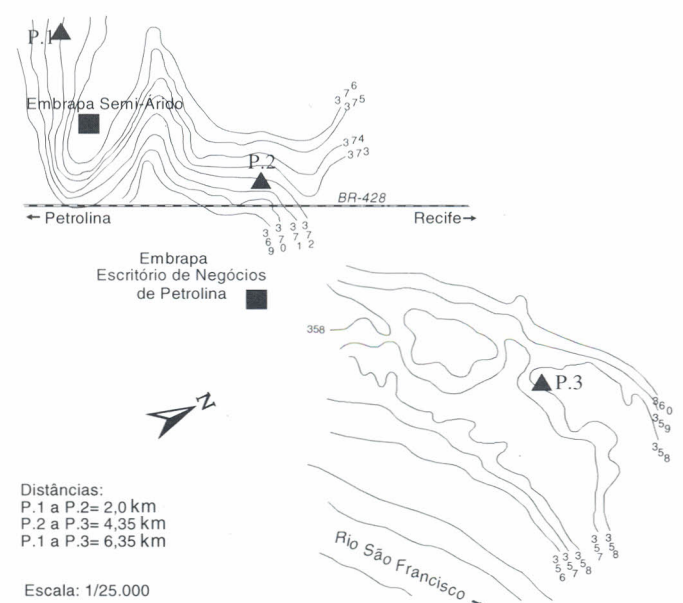


Figura 2. Situação planialtimétrica da área e distribuição espacial dos perfis na toposseqüência estudada

Geomorfologicamente, essa área representa um componente da Depressão Periférica do Rio São Francisco, correspondente à superfície tabular denominada tabuleiro sertanejo ou tabuleiro

interiorano; constituída de cobertura residual de material sedimentar argilo-arenoso, referido ao Terciário-Quaternário (Plio-Pleistoceno) sobre rochas cristalinas, gnaisses e micaxistos do Pré-Cambriano Indiviso (Burgos & Cavalcanti, 1990).

A composição granulométrica foi determinada através do método do hidrômetro de Bouyoucos, usando-se hidróxido de sódio como dispersante, com subfracionamento das frações areia, argila e silte (Embrapa, 1997). O fracionamento da fração areia foi determinado por tamisamento a seco em cinco sub-frações, segundo a escala do Soil Survey Staff - USA (1993). As frações silte e argila foram fracionadas em duas sub-frações, fina e grossa, obedecendo-se ao tempo de sedimentação, através da lei de Stokes (Jackson, 1979). O percentual das frações areia e silte foi recalculado para uma base livre de argila de acordo com a fórmula de Kellog (1962):

$$X = (y/z) 100 \quad (1)$$

em que:

- X - fração de areia ou silte recalculado, %
- y - fração de areia ou silte na distribuição original, %
- z - soma dos percentuais de silte e areia total na distribuição original, %

A morfoscopia da fração areia foi estudada após a separação da areia, segundo a escala do Soil Survey Staff - USA (1993) em classes de areia muito grossa (1 - 2 mm), areia grossa (0,5 - 1 mm), areia média (0,25 - 0,5 mm), areia fina (0,125 - 0,25 mm) e areia muito fina (0,053 - 0,125 mm). Foram determinados, em todas as classes de todos os horizontes dos três perfis, a

forma e a textura superficial dos grãos de areia, segundo Suguio (1973). Calculou-se, também, a relação entre areia fina e muito fina (classe modal)/areia total e argila fina/argila total. Os parâmetros estatísticos (sedimentológicos) da distribuição granulométrica da fração areia foram calculados de acordo com a metodologia de Suguio (1973):

$$DM = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})/3 \quad (2)$$

$$GS = [(\phi_{84} - \phi_{16})/4] + [(\phi_{95} - \phi_5)/6,6] \quad (3)$$

$$GA = [(\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50})/2 (\phi_{84} - \phi_{16})] + [(\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50})/2 (\phi_{95} - \phi_5)] \quad (4)$$

$$CT = (\phi_{95} - \phi_5)/2,44 (\phi_{75} - \phi_{25}) \quad (5)$$

em que:

- DM - Diâmetro médio, mm
- GS - Grau de seleção, mm
- GA - Grau de assimetria
- CT - Curtose

A densidade do solo foi determinada pelo método do torrão parafinado e a densidade das partículas através do balão volumétrico de 50 mL, utilizando-se 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e água, como fluido para determinação do volume ocupado pelas partículas.

Os componentes mineralógicos da fração areia foram identificados por processos ópticos mediante o uso de microscópio petrográfico Zeiss, lupa binocular e microtestes

Tabela 1. Distribuição granulométrica dos três perfis estudados (média de três repetições)

Horizonte	Profundidade cm	Fração Grosseira - g kg <sup>-1</sup>			Composição Granulométrica - g kg <sup>-1</sup>			Relação Silte/Argila	Classe Textural <sup>4</sup>
		Calh. <sup>1</sup>	Casc. <sup>2</sup>	TFSA <sup>3</sup>	Areia	Silte	Argila		
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)									
A	0 - 15	0	80	920	726	151	123	1,23	Franco arenosa
AB	15 - 32	0	30	970	775	88	137	0,64	Franco arenosa
Bt1	32 - 60	0	60	940	619	93	288	0,32	Fr. argila arenosa casc.
Bt2	60 - 82	10	170	830	506	126	368	0,34	Argila arenosa casc.
Bt1f	82 - 130	10	220	770	454	109	437	0,25	Argila m. casc.
Bt2f	130 - 150	70	150	780	467	96	437	0,22	Argila m. casc.
C/R	150 - 200+	80	140	780	363	217	420	0,52	Argila m. casc.
Perfil 2 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)									
A	0 - 18	0	30	970	806	104	90	0,15	Areia franca
AB	18 - 28	0	10	990	717	205	78	2,63	Franco arenosa
Bt1	28 - 45	0	10	990	642	165	193	0,85	Franco arenosa
Bt2	45 - 65	0	40	960	624	176	200	0,88	Fr. argila arenosa casc.
Btf	65 - 105	0	40	960	432	181	387	0,47	Franco argilosa casc.
Bt3	105 - 120	90	380	530	427	183	390	0,47	Franco argilosa m. casc.
Bt4	120 - 150	20	120	860	325	235	440	0,53	Argila m. casc.
Cr	150 - 170+	0	20	980	350	220	430	0,51	Argila m. casc.
Perfil 3 - Planossolo Nátrico (SNz)									
A	0 - 18	0	0	1000	799	107	94	1,14	Areia franca
E	18 - 32	0	0	1000	753	141	106	1,33	Franco arenosa
Btnz1	32 - 53	0	0	1000	508	201	291	0,69	Fr. argila arenosa
Btnz2	53 - 80	0	0	1000	603	83	314	0,26	Fr. argila arenosa
Btnz3	80 - 150	0	10	990	624	86	290	0,30	Fr. argila arenosa
Cn	150 - 165+	0	10	990	587	143	270	0,53	Fr. argila arenosa

<sup>1</sup> calh. - calhaus

<sup>2</sup> casc. - cascalho

<sup>3</sup> TFSA - terra fina seca ao ar

<sup>4</sup> Fr. - franco; casc - cascalho; m.cas - muito cascalhenta

químicos (Kerr, 1959). A composição mineralógica das frações silte e argila foi analisada por difratometria de raios X (DRX) em equipamento Philips, com goniômetro vertical e radiação de  $Fe K\alpha$ . A fração argila foi analisada na forma orientada e o silte em forma de pó.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição granulométrica

A composição das frações grosseiras (>2,00 mm) mostrada na Tabela 1 indica a presença de calhaus e cascalhos, em sua maioria constituídos de quartzo, a partir dos horizontes Bt dos perfis P1 e P2. Essa distribuição, que apresenta percentuais médios de 1 a 9% de calhaus e 12 a 38% de cascalhos nos horizontes subsuperficiais, indica a deposição de material transportado sobre o embasamento cristalino. A localização dessas frações sobre o horizonte C/R e Cr, também pode indicar que tais frações, devido ao maior peso, se depositaram na base dos sedimentos. O fracionamento da areia (Fig. 3), mostra

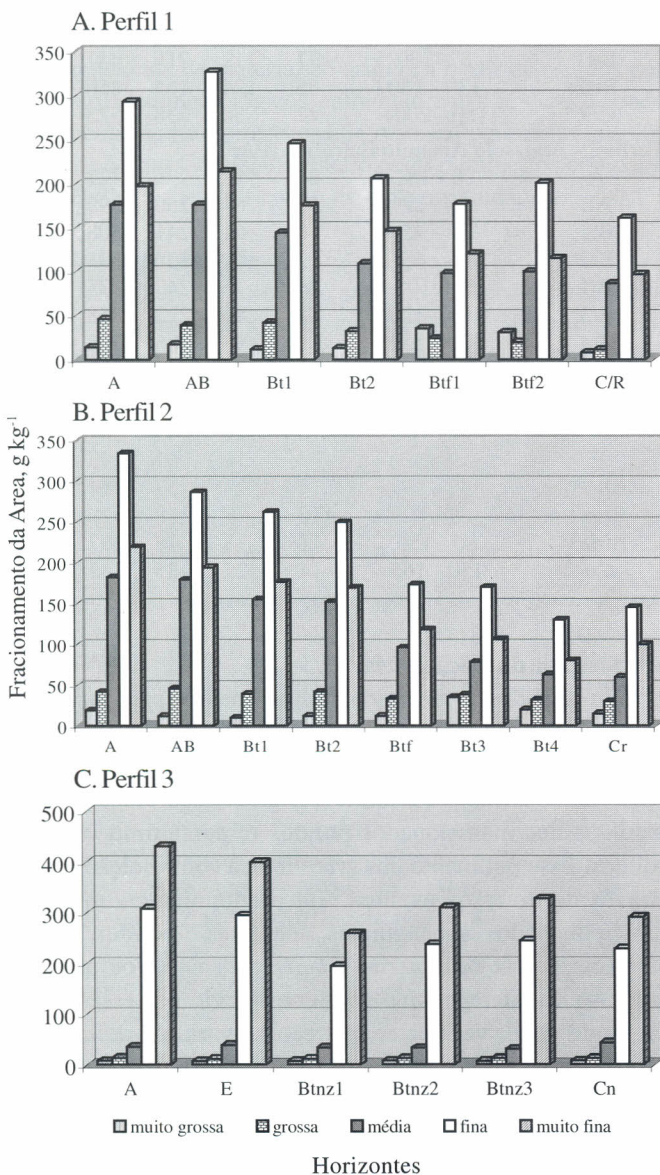


Figura 3. Fracionamento da areia nos três perfis estudados

predominância da areia média, fina e muito fina nos três perfis, sendo que em P1 e P2, há predominância da areia fina e, em P3, da areia muito fina. Em média, essas três frações representam 80% (P1 e P2) e 95% (P3) da areia total. Segundo Souza (1996), o predomínio das frações areia fina contribui, associado a outros fatores, com a formação de camadas adensadas, por acarretar obstrução de poros. A fração argila, aumenta em profundidade nos três perfis estudados, resultando em um gradiente textural, razão B/A que varia de 3,0 a 4,0 (Tabela 1), caracterizando a eluviação de argila e a presença do horizonte B textural. O incremento acentuado da distribuição da proporção da relação argila fina/argila total com a profundidade (Fig. 4), confirma a presença de iluviação de argila e formação do B textural (USA, 1993). Os valores de silte, apresentam distribuição um tanto irregular, com certa tendência de aumento nos horizontes B (Tabela 1). Em geral, os valores da relação silte/argila são mais altos nos horizontes superficiais devido, provavelmente, à perda de argila na superfície, por eluviação ou dissolução.

As relações areia média/areia total, areia fina/areia total e areia muito fina/areia total (Fig. 4), apresentam distribuição uniforme e similar nos três perfis estudados, o que descarta,

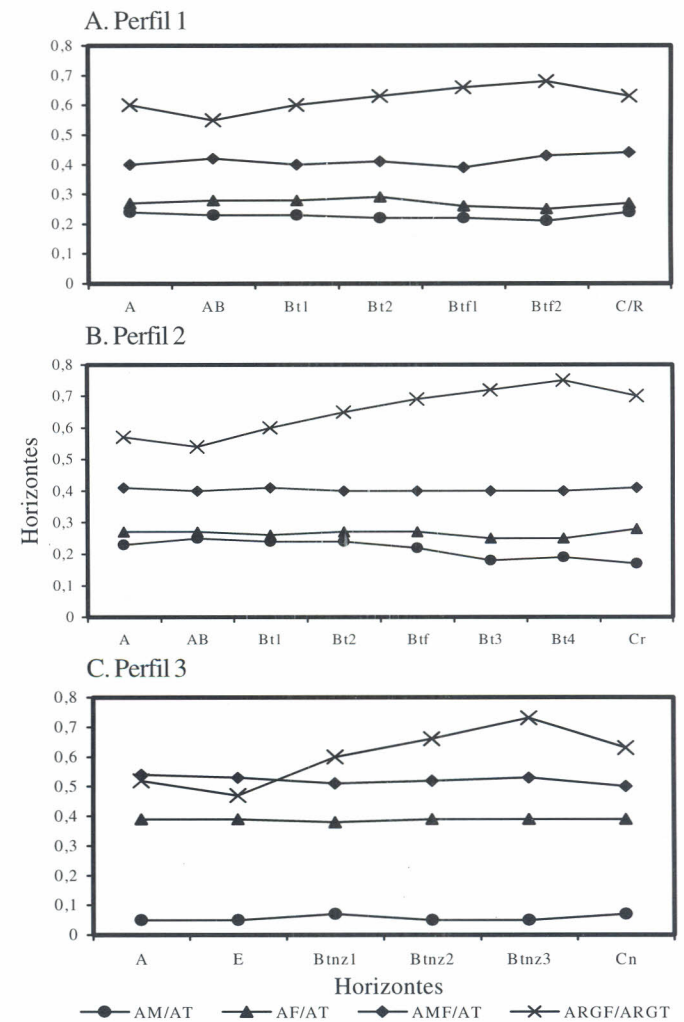


Figura 4. Relação entre areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF)/areia total (AT) e argila fina (ARGF)/argila total (ARGT) para os três perfis estudados

sem dúvida, a possibilidade de identificação de descontinuidade por sedimentação de material litologicamente diferente, entre os horizontes estudados pois, segundo Cabrera-Martinez et al. (1988); Miller et al. (1993) e Schaeztl (1996) quando esses processos ocorrem, são verificadas quebras acentuadas dessas relações ao longo do perfil de um solo.

### Distribuição da fração areia e silte, livres de argila

Os percentuais de areia e silte foram recalculados para uma base livre de argila (Tabela 2), o que, segundo Kellog (1962); Asady & Whiteside (1982) fornece subsídios para indicar descontinuidade litológica, que possa estar mascarada pelo processo de eluviação/iluviação da argila. A diferença observada na distribuição granulométrica dos horizontes Bt para C (Tabela 1), nas frações mais grosseiras do P1 e P2, ficou também evidenciada nesses dados, porém nesta tabela se verifica que houve diminuição na variação do teor de areia para os três perfis, sugerindo que a eluviação/iluviação da argila também é um processo atuante responsável por essa diferença. Quanto ao silte, observa-se tendência de aumento do horizonte A para o B, principalmente nos perfis P2 e P3, compensado por uma ligeira diminuição na fração areia, o que vem confirmar a teoria de Gamble et al. (1970) de que, além da argila, o silte também pode ser deslocado de um horizonte para outro, durante a pedogênese. Com base nessa teoria, foi realizada uma análise da distribuição da frequência só da fração areia, nos três perfis (Tabela 3). Percebe-se que há distribuição praticamente

Tabela 2. Distribuição granulométrica\*, recalculada para uma amostra livre de argila (respectiva areia ou silte da distribuição original/areia total + silte total)

Horizonte	Areia**					Areia Total	Silte
	MG	G	M	F	MF		
g kg <sup>-1</sup>							
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)							
A	16	52	201	334	225	828	172
AB	20	45	206	379	248	893	102
Bt1	17	59	215	332	246	869	131
Bt2	21	51	172	326	231	801	199
Btf1	62	91	174	355	124	806	194
Btf2	55	103	137	373	161	829	171
C/R	14	20	148	327	117	626	374
Perfil 2 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)							
A	21	46	200	378	241	886	114
AB	13	50	194	311	210	778	222
Bt1	13	48	192	325	218	796	204
Bt2	15	53	195	306	211	780	220
Btf	20	54	175	264	192	705	295
Bt3	57	62	156	251	174	700	300
Bt4	36	57	166	178	143	580	420
Cr	11	37	103	288	175	614	386
Perfil 3 - Planossolo Nátrico (SNz)							
A	9	15	40	341	477	882	118
E	8	13	44	330	447	842	158
Btzn1	10	17	48	275	367	717	283
Btzn2	9	14	34	369	453	879	121
Btzn3	10	15	42	349	462	879	121
Cn	11	18	68	307	400	804	196

\* Areia Muito Grossa: 2 - 1 mm; Areia Grossa: 1 - 0,5 mm; Areia Média: 0,5 - 0,25 mm; Areia Fina: 0,25 - 0,1 mm; Areia Muito Fina: 0,1 - 0,05 mm; Silte: 0,05 - 0,002 mm

\*\* MG - Muito Grossa; G - Grossa; M - Média; F - Fina; MF - Muito Fina

uniforme nos três perfis, com exceção da transição entre os horizontes Bt e C/R e Cr dos perfis P1 e P2, sugerindo uniformidade do material sedimentar que pode ter sido depositado na mesma época ou em épocas e/ou condições diferentes. As diferenças em Btf<sub>1</sub> e Btf<sub>2</sub> do P1 para calhaus, cascalhos e areia muito grossa e, Bt<sub>3</sub> e Bt<sub>4</sub> do P2, para as frações muito grossa, grossa e média, provavelmente são devidas à sedimentação diferencial dessas partículas. O perfil P3 apresenta, como classe modal, a areia muito fina (0,1 a 0,05 mm) e os perfis P1 e P2 apresentam a areia fina (0,25 a 0,1 mm) indicando que houve deposição sedimentar sobre o cristalino.

Tabela 3. Distribuição da frequência da fração areia livre de silte e argila (para uma base de 100%)

Horizonte	Profundidade cm	Areia*				
		MG	G	M	F	MF
g kg <sup>-1</sup>						
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)						
A	0 - 15	19	63	242	404	271
AB	15 - 32	22	50	230	422	276
Bt1	32 - 60	19	68	247	383	283
Bt2	60 - 82	26	63	215	407	288
Btf1	82 - 130	77	112	216	441	154
Btf2	130 - 150	66	124	165	450	195
C/R	150 - 200+	22	30	238	523	187
Perfil 2 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)						
A	0 - 18	24	52	226	427	272
AB	18 - 28	17	64	250	399	271
Bt1	28 - 45	16	61	241	408	274
Bt2	45 - 65	19	67	250	393	271
Btf	65 - 105	28	76	247	375	273
Bt3	105 - 120	82	89	222	358	248
Bt4	120 - 150	62	98	286	308	246
Cr	150 - 170+	17	60	169	468	286
Perfil 3 - Planossolo Nátrico (SNz)						
A	0 - 19	10	17	45	387	541
E	19 - 32	9	16	52	392	531
Btzn1	32 - 53	14	24	67	384	512
Btzn2	53 - 80	10	17	38	420	516
Btzn3	80 - 150	11	18	48	397	526
Cn	150 - 165	14	22	85	382	497

\* MG - Muito Grossa; G - Grossa; M - Média; F - Fina; MF - Muito Fina

### Morfoscopia da fração areia

Os resultados da morfoscopia apresentaram predominância de grãos subarredondados, subangulares e angulares, com média à baixa esfericidade. Quanto à textura superficial, observou-se nítido predomínio dos grãos sacaróides polidos, seguidos dos mamelonados polidos e, por último, os lisos polidos. Esse polimento dos grãos indica contribuição fluvial através de diversos eventos. Tal predominância de grãos subarredondados, subangulares, angulares e polidos, aponta para transportes de material a curta distância e/ou para um processo de intemperismo contínuo sofrido por esses solos. De modo geral, verifica-se que não há variação definida de padrão entre os horizontes A, B e C dos três perfis, que nos leve a alguma indicação de descontinuidade, devido provavelmente a uma possível mistura do material transportado e ao intemperismo sofrido, que os uniformizou quanto à forma e à textura superficial.

### Parâmetros sedimentológicos/estatísticos

A determinação dos parâmetros estatísticos, diâmetro médio, grau de seleção, grau de assimetria e curtose obtidos, encontram-se na Tabela 4. Analisando-se esses parâmetros, constata-se predominância das frações mais finas, grau de seleção menor e grau de assimetria maior no perfil P3, que em P1 e P2. Esses dados estatísticos reforçam os resultados do fracionamento e morfoscopia da areia. O diâmetro médio apresenta maior valor no perfil P3, o que indica predominância das frações de menor diâmetro, enquanto nos perfis P1 e P2 foi constatado menor diâmetro médio, por isso predominando frações maiores. O grau de assimetria apresentou-se mais negativo no perfil P3, concordando com a ocorrência de material mais fino nesse perfil. O grau de seleção (Folk & Ward apud Suguio, 1973) foi moderadamente selecionado para os três perfis. Os valores da curtose ratificam os dados do grau de seleção, pois se apresentaram uniformemente nos três perfis ( $\approx 1$ ). Conseqüentemente, esses parâmetros também apontam para homogeneidade do material que deu origem a esses solos. Abrahão (1995) em solos dos tabuleiros costeiros da Bahia, e Inda Jr. (1997) em solos desenvolvidos sobre os fácies Alemoa da formação Santa /RS, também chegaram à conclusão de homogeneidade de material de origem a partir de estudos dos parâmetros sedimentológicos; entretanto, Silva & Vidal-Torrado (1999) constataram diferenças de material parental, em solos no sul de Minas Gerais, utilizando esses parâmetros como um dos métodos na identificação de descontinuidades.

### Densidade e porosidade

A densidade do solo pelo método do torrão parafinado (Tabela 5), apresenta valores entre 1,46 e 1,50  $\text{kg dm}^{-3}$  nos horizontes A, AB, E e de 1,66 a 2,01  $\text{kg dm}^{-3}$ , nos horizontes

Tabela 4. Parâmetros sedimentológicos dos três perfis estudados

Horizonte	Diâmetro	Grau de Seleção	Grau de Assimetria	Curtose
	Médio			
mm				
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)				
A	2,36	0,90	- 0,15	0,95
AB	2,41	0,87	- 0,17	0,98
Bt1	2,35	0,92	- 0,18	0,95
Bt2	2,39	0,94	- 0,23	1,04
Btf1	2,38	0,95	- 0,21	0,95
Btf2	2,35	0,93	- 0,19	0,98
C/R	2,31	0,89	- 0,23	0,98
Perfil 2 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)				
A	2,38	0,89	- 0,18	1,01
AB	2,35	0,90	- 0,15	0,95
Bt1	2,36	0,89	- 0,16	0,97
Bt2	2,33	0,92	- 0,16	0,94
Btf	2,31	0,96	- 0,18	0,97
Bt3	2,30	0,94	- 0,17	0,95
Bt4	2,34	0,86	- 0,16	0,94
Cr	2,31	0,96	- 0,18	0,97
Perfil 3 - Planossolo Nátrico (SNz)				
A	2,94	0,60	- 0,31	1,19
E	2,92	0,62	- 0,33	1,19
Btzn1	2,89	0,68	- 0,37	1,25
Btzn2	2,94	0,56	- 0,26	1,13
Btzn3	2,92	0,62	- 0,33	1,19
Cn	2,91	0,62	- 0,35	1,19

subsuperficiais, evidenciando a presença de camadas adensadas, que podem estar relacionadas, com a translocação de partículas de argila do A para o B, acarretando modificações no empacotamento de partículas ou unidades estruturais ou, também, podem estar relacionadas com a redução da matéria orgânica em profundidade e com ciclos repetidos de umedecimento e secagem a que esses solos estão submetidos. Este fato foi constatado por outros autores, como Moniz & Buol (1982) em uma toposeqüência em São Paulo, e Luz et al. (1992) em uma toposeqüência do semi-árido de Pernambuco. A densidade das partículas (Tabela 4), mostra certa tendência de aumento com a profundidade (2,60 a 2,62  $\text{kg dm}^{-3}$  nos horizontes superficiais e 2,62 a 2,67  $\text{kg dm}^{-3}$  nos horizontes subsuperficiais) porém com variação inferior à densidade do solo. No tocante à porosidade total, os três perfis apresentam valores similares, oscilando entre 0,23 e 0,44  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ .

Tabela 5. Densidade do solo, densidade da partícula e porosidade total

Horizonte	Densidade		Porosidade Total $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
	Solo	Partícula	
$\text{kg dm}^{-3}$			
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)			
A	1,46	2,60	0,44
AB	1,48	2,60	0,43
Bt1	1,66	2,63	0,37
Bt2	1,78	2,62	0,33
Btf1	1,81	2,62	0,31
Btf2	1,89	2,62	0,28
C/R	1,93	2,63	0,27
Perfil 2 - Argissolo Amarelo Eutrófico (PAe)			
A	1,47	2,61	0,44
AB	1,50	2,60	0,42
Bt1	1,66	2,62	0,37
Bt2	1,79	2,62	0,32
Btf	1,81	2,60	0,30
Bt3	1,84	2,62	0,28
Bt4	1,91	2,63	0,27
Cr	1,94	2,62	0,26
Perfil 3 - Planossolo Nátrico (SNz)			
A	1,48	2,62	0,44
E	1,50	2,60	0,42
Btzn1	1,79	2,64	0,32
Btzn2	1,94	2,65	0,27
Btzn3	2,01	2,67	0,23
Cn	1,99	2,65	0,25

### Mineralogia das frações areia, silte e argila

A mineralogia da fração areia é homogênea, sendo composta basicamente (98%) de minerais leves, onde o quartzo ( $\approx 97\%$ ) constitui o mineral dominante, encontrando-se ainda alguns feldspatos (microclina e plagioclásio) e opacos pretos. Os grãos de quartzo apresentam-se predominantemente desarestados e com baixa esfericidade; os 2% restantes são principalmente ilmenita (60%), magnetita (25%), turmalina (8,5%), muscovita (3,0%), concreções férricas (2,0%) e outros minerais como rutilo, zircão, horblenda, anatásio, estauroлита, monazita etc (1,5%).

A mineralogia das frações silte e argila também se apresentou uniforme. Na fração silte, o quartzo é o mineral dominante (0,33 e 0,43 nm), seguido do feldspato (0,32 e 0,33 nm), da mica

(1,01 nm) e da caulinita (0,72 nm). Na fração argila ocorre caulinita (0,72 e 0,42 nm) como mineral predominante, mica (1,15 nm) e como traços quartzo, feldspatos, goethita e hematita, ocorrendo ainda indícios de minerais expansíveis, possivelmente esmectita, formada a partir do intemperismo da mica.

## CONCLUSÕES

1. Não há variação definida de padrão entre os horizontes A, B e C dos três perfis, que leve a alguma indicação de descontinuidade litológica.

2. A homogeneidade dos materiais sedimentados (mistura do material transportado) é, também, confirmada pela uniformidade das características físicas e mineralógicas, bem como pelos parâmetros sedimentológicos, que apresentam similaridade nos perfis estudados.

3. Algumas diferenças entre os três perfis refletem tanto a mistura de materiais transportados quanto às diferenciações impostas pelas condições de drenagem subordinadas ao posicionamento dos solos no relevo.

4. A eluviação/iluviação da argila é o processo pedogenético que contribui com a diferenciação das características dos horizontes superficiais, em relação aos subsuperficiais e no adensamento ora estudado.

## LITERATURA CITADA

- Abrahão, W.A.P. Gênese de camadas adensadas em solos de tabuleiros costeiros no Sul da Bahia. Viçosa: UFV, 1995. 114p. Dissertação Mestrado
- Asady, G.H.; Whiteside, E.P. Composition of a Conover-Brookston map unit in Southeastern Michigan. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.46, p.1043-1047, 1982.
- Brewer, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York: J.Wiley, 1976. 375p.
- Brinkman, R. Ferrolisis, a soil-forming process in hydromorphic conditions. Wageningen: Pudoc, 1979. 106p. *Agricultural Research Report*, 887
- Burgos, N.; Cavalcanti, A.C. Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE, escala 1:7:500. Brasília: EMBRAPA, 1990. 2 v., il. 3 mapas. (Boletim de Pesquisa, 38
- Cabrera-Martinez, F.; Harris, W.G.; Carlisle, V.W. Collins, M.E. Partitioning of clay-sized minerals in coastal plains soils with sandy/loamy boundaries. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, p.1584-1587, 1988.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- Fine, P.; Singer, M.J.; Verosub, K.L. Use of magnetic-susceptibility measurements in assessing soil uniformity in chronosequence studies. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, p.1195-1199, 1992.
- Gamble, E.E.; Daniels, R.B.; McCracken, R.J. A2 horizons of coastal plain soils pedogenetic or geologic origin. *Southeastern Geology*, Durham, v.11, n.3, p.137-152, 1970.
- Inda Junior, A.V. Conformação da paisagem, umidade e gênese de solos desenvolvidos sobre o membro Alemea da formação Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 1997. 104p. Dissertação Mestrado
- Jackson, M.L. Soil chemical analysis: Advanced course, 3. Madison: Department of Soil University of Wisconsin, 1979. 895p.
- Karathanasis, A.D.; MacNeal, B.R. Evaluation of parent material uniformity criteria in loess-influenced soils of west-central Kentucky. *Geoderma*, Amsterdam, v.64, p.73-92, 1994.
- Kellogg, C.E. The place of laboratory in soil classification and interpretation. Washington: USDA/ Soil Conservation Service, 1962. 21p.
- Kerr, P.F. Optical mineralogy. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1959. 442p.
- Kuzila, M.S. Identification of multiple loess units within modern soils of Clay County, Nebraska. *Geoderma*, Amsterdam, v.65, p.45-57, 1995.
- Luz, L.R.Q.P.; Santos, M.C.D.; Mermut, A.R. Pedogênese em uma topossequência do semi-árido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.95-102, 1992.
- Miller, M.B.; Cooper, T.H.; Rust, R.H. Differentiation of an eluvial fragipan from dense glacial till in Northern Minnesota. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, p.787-796, 1993.
- Moniz, A.C.; Buol, S.W. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil: I. Double-water flow model of soil development. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.46, p. 1228-1233, 1982.
- Schaetzl, R.J. Spodosol-Alfisol intergrades: Bisequal soils in NE Michigan, USA. *Geoderma*, Amsterdam, v.74, p.23-47, 1996.
- Schneider, P. Gênese e classificação de alguns solos da Planície Costeira-RS. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 94p. Dissertação Mestrado
- Silva, A.C.; Vidal-Torrado, P. Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, p.329-341, 1999.
- Silva, M.S.L. da. Caracterização e gênese do adensamento subsuperficial em solos de tabuleiro do semi-árido do Nordeste do Brasil. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 127p. Tese Doutorado
- Singer, M.J.; Fine, P. Pedogenic factors affecting magnetic susceptibility in Northern California soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, p.1119-1127, 1989.
- Souza, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros, 1996, Cruz das Almas. Anais... Aracajú: EMBRAPA/CPATC, 1996. p.79
- Stolt, M.H.; Baker, J.C.; Simpson, T.W. Soil-landscape relationships in Virginia: I. Soil variability and parent material uniformity. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, p.414-421, 1993.
- Suguio, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: E. Blucher: EDUSP, 1973. 317p.
- USA - Department of Agriculture. Soil Survey Staff. Soil survey manual. Washington: Government Printing Office, 1993. 503p.