

CARACTERIZAÇÃO DE ESPODOSSOLOS DOS ESTADOS DA PARAÍBA E DO PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL⁽¹⁾

Vânia Soares de Carvalho⁽²⁾, Mateus Rosas Ribeiro⁽³⁾, Valdomiro Severino de Souza Júnior⁽⁴⁾ & Stephany Alves Brilhante⁽⁶⁾

RESUMO

Estudos com Espodosolos de ambientes tropicais de tabuleiros costeiros ainda são escassos. Este trabalho visou caracterizar perfis desses solos, tanto nos tabuleiros como em uma restinga nos Estados da Paraíba e do Pernambuco, Nordeste do Brasil. O estudo foi realizado com 14 perfis, inseridos em relevo predominantemente plano e sob cultivo de cana-de-açúcar, em que foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas. Com relação às condições de drenagem, a maioria dos perfis foi definida como moderada a imperfeitamente drenada, com o lençol freático presente a uma profundidade de 182, 85 e 74 cm, em três deles. A textura evidenciou-se predominantemente arenosa, com variações entre areia, areia-franca e franco-arenosa, sempre com valores da fração argila inferiores a 130 g kg⁻¹. Com relação às propriedades químicas, observaram-se acidez elevada, baixa saturação por bases, baixa CTC e alta saturação por Al³⁺. Alguns horizontes com cores nos matizes 10YR e 7,5YR, com valores entre 5 e 7 e cromas de 2 a 8 classificados como Bs, apresentaram teores de matéria orgânica mais altos que alguns horizontes classificados como Bhs, demonstrando a insuficiência do critério da cor para identificação desses horizontes cimentados. A mineralogia dos solos apresentou predominância de caulinita e quartzo na fração argila, com pequena representação de ilita, gibbsita, feldspato e anatásio. Nos tabuleiros, além desses minerais, também ocorreu a goethita. Na fração silte, verificou-se a predominância de quartzo e caulinita em todos os solos e, em menor expressão, anatásio, feldspato, goethita e gibbsita. Na fração areia, houve predominância do quartzo em todos os perfis, com traços de feldspato.

Termos de indexação: propriedades físicas, mineralogia, tabuleiros costeiros.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 22 de setembro de 2011 e aprovado em 21 de agosto de 2013.

⁽²⁾ Professora Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Av. Prof. Luís Freire, 500, Cidade Universitária. CEP 50740-540 Recife (PE). E-mail: vaniacarvalho@recife.ifpe.edu.br

⁽³⁾ *In memoriam*

⁽⁴⁾ Professor, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos. CEP 52171-900 Recife (PE). E-mail: vsouzajr@yahoo.com

⁽⁵⁾ Graduanda de Engenharia Agrônômica, UFRPE. E-mail: stephanybrilhante@oi.com.br

SUMMARY: CHARACTERIZATION OF SPODOSOLS IN THE STATES OF PARAÍBA AND PERNAMBUCO, IN NORTHEASTERN BRAZIL

Studies on Spodosols in tropical coastal tablelands are still scarce. This paper studied such soils on coastal tablelands and a marine sandbank, in the States of Paraíba and Pernambuco, in Northeastern Brazil. Physical, chemical and mineralogical analyses were performed in 14 soil profiles on mostly plain surfaces under sugarcane cultivation. With regard to drainage, most of the profiles were defined as moderate to poorly drained and groundwater was detected at a depth of 182, 85 and 74 cm in three of them. The texture was predominantly sandy, with variations among sand, loamy sand and sandy loam, with clay contents always below 130 g kg⁻¹. Regarding the chemical properties, high acidity, low base saturation, low CEC and high Al³⁺ saturation were recorded. Some horizons with the colors and hues 10YR and 7.5YR, with values between 5-7 and chromas 2-8 classified as Bs had organic matter levels higher than some horizons classified as Bhs, demonstrating the inadequacy of the color criterion for identification of these cemented horizons. The soil mineralogy showed a predominance of kaolinite and quartz in the clay fraction, with minor amounts of illite, gibbsite, feldspar and anatase. In the tablelands, aside from these minerals goethite was also identified. In the sand fraction, quartz was predominant in all profiles, with traces of feldspar.

Index terms: physical properties, mineralogy, coastal tablelands.

INTRODUÇÃO

Os Espodosolos, anteriormente conhecidos como podzóis, são solos ácidos e pobres em bases trocáveis. Do ponto de vista físico, apresentam em geral textura arenosa, com baixíssima capacidade de retenção de água e nutrientes, e problemas de drenagem nas posições abaciadas, onde ocorrem horizontes endurecidos que bloqueiam a percolação da água, formando lençol freático suspenso no período chuvoso, podendo também influenciar no crescimento das raízes quando muito superficiais.

Os tabuleiros costeiros são uma das 20 unidades de paisagem que compõem o Nordeste; no Estado da Paraíba, são constituídos por sedimentos arenoargilosos mal consolidados da Formação Barreiras, recobrimo de forma discordante o embasamento cristalino do Pré-Cambriano e as rochas sedimentares do Grupo Paraíba, da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba (Furrier et al., 2006). Segundo Sá (1998), a espessura da Formação Barreiras no Estado da Paraíba é bastante variável, atingindo espessuras máximas entre 70 e 80 m. Em Pernambuco, a Formação Barreiras apresenta maior largura ao norte do Estado (Zona da Mata Norte), tornando-se descontínua em direção ao sul, onde se constata deposições pouco espessas desse grupamento, morfologicamente muito uniformes, porém com grande variação quanto à granulometria dos sedimentos (CPRM, 2001).

A escassez de informações sobre os Espodosolos nesses ambientes tem contribuído para baixas produtividades e degradação ambiental, de forma que o estudo detalhado de suas características pode contribuir com informações que auxiliem no manejo dessas áreas, principalmente nos tabuleiros costeiros,

considerados de fundamental importância para a economia agrícola nordestina.

Este trabalho teve como objetivo a caracterização de Espodosolos, em áreas de tabuleiros costeiros e restinga dos Estados da Paraíba e do Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A região de estudo localiza-se na Zona Fisiográfica do Litoral e Mata, na faixa úmida costeira dos Estados da Paraíba e do Pernambuco. A restinga foi representada por um perfil (P-01) localizado na Usina Salgado, ao sul de Pernambuco, no município de Ipojuca, nas coordenadas UTM 25 276845 m E e 9064079 m N. Os tabuleiros costeiros foram representados por 13 perfis, em que oito (P-02 a P-09) foram localizados na Usina São José, município de Igarassu, ao norte de Pernambuco, nas respectivas coordenadas UTM 25: 0281132 m E e 9136317 m N; 0280643 m E e 9133123 m N; 0283998 m E e 9134043 m N; 0278850 m E e 9130964 m N; 0279582 m E e 9131051 m N; 0280693 m E e 9134533 m N; 0278293 m E e 9132196 m N; e 0280943 m E e 9132136 m N. Esses ocorrem associados com solos de textura argilosa, sob vegetação de floresta subperenifólia. Cinco perfis foram localizados na Destilaria Miriri (P-10 a P-14), no município de Rio Tinto, Estado da Paraíba, com as seguintes coordenadas UTM 25, respectivamente: 0277436 m E e 9236876 m N; 0277957 m E e 9236956 m N; 0281947 m E e 9238477 m N; 0281315 m E e 9238986 m N; e 0280977 m E e 9237971 m N. Esses estão associados a solos de textura arenosa e vegetação de cerrado.

O estudo concentrou-se mais nos tabuleiros, por existirem poucos trabalhos com Espodosolos nessas áreas.

Coleta das amostras e análises laboratoriais

A descrição e coleta dos solos seguiram métodos descritos em Santos et al. (2005). As amostras foram secas ao ar e inicialmente passadas em peneira de malha 2 mm para obtenção da TFSA.

Foram realizadas análises de granulometria pelo método do densímetro, utilizando-se o calgon, como agente dispersante; argila dispersa em água, pelo método do densímetro; densidade do solo, pelo método da proveta; e densidade de partículas, pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1997).

As análises químicas também foram efetuadas, segundo Embrapa (1997). O pH em água foi determinado nas relações 1:2,5 e 1:1 e pH em KCl 1,0 mol L⁻¹, na relação 1:2,5; Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹, sendo o Ca²⁺ e Mg²⁺ titulados com EDTA 0,0125 mol L⁻¹ e o Al³⁺ com NaOH 0,025 mol L⁻¹; K e Na foram extraídos com a solução de Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; H+Al foram extraídos com solução normal de acetato de cálcio a pH 7,0 e titulados com NaOH 0,05 mol L⁻¹; P assimilável foi extraído com a solução de Mehlich-1; carbono orgânico foi analisado por oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio ácido, com aquecimento; N total (método Kjeldahl) foi determinado por digestão com mistura ácida e destilação a vapor.

As análises mineralógicas foram realizadas de forma qualitativa nas frações areia, silte e argila em horizontes A e B selecionados de quatro perfis considerados como mais representativos: três perfis da área de tabuleiro e um perfil da área de restinga. Na fração argila, foram removidos os óxidos de Fe e Al com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Mehra & Jackson, 1960) e aplicados os tratamentos de saturação com MgCl₂ 1,0 mol L⁻¹ e KCl 1,0 mol L⁻¹ (com leituras a temperatura ambiente e após aquecimento a 550 °C). Para as argilas tratadas com Mg e K, as amostras foram preparadas em lâminas de vidro na forma de agregados orientados; para as argilas não saturadas e silte, foram usadas amostras na forma de pó não orientado. Foram feitas análises por difração de raios-X das frações areia, silte e argila. Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e da identificação dos minerais constituintes das frações areia, silte e argila foram: espaçamento interplanar (d), forma, largura e intensidade dos picos e comportamento frente aos tratamentos.

Para todas as análises realizadas, os resultados referem-se à média de três repetições, diferindo entre si em menos de 10 %. Foram utilizadas regressões lineares para correlacionar algumas características.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfologia dos solos

A situação de declividade e cobertura vegetal dos solos variou pouco. O perfil 1 situa-se no contato com a várzea do baixo curso do rio Ipojuca, com declividade de 0 a 2,5 %. Os perfis 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12 e 13 situam-se em topo plano de tabuleiro levemente abaciado, com declividade entre 0 e 2,5 %. Os perfis 6, 9 e 14 localizam-se na mesma declividade e em topo plano de tabuleiro; o perfil 5 posiciona-se em encosta suave de área deprimida, em topo de tabuleiro, com declividade de 2,5 a 5,0 %. Todos os perfis estão sob cultivo de cana-de-açúcar.

Todos os perfis apresentaram a sequência de horizontes: horizonte E álbico, seguido pelo horizonte B espódico com cimentações em graus variados, caracterizadas pela presença de caráter dúrico (Embrapa, 2006), em vários perfis e horizonte fragipã nos perfis P6, P8 e P9.

A estrutura do horizonte Bh apresentou-se geralmente maciça, variando de pouco a moderadamente coesa, podendo se apresentar, em alguns perfis, como fraca, pequena e média com blocos subangulares. Os horizontes espódicos cimentados, Bhs e Bsm, apresentaram-se sem estrutura, sendo definidos como “maciços coesos”.

A maioria dos perfis foi definida como moderada a imperfeitamente drenada, exceto os perfis 3, 5 e 7, que se apresentaram imperfeitamente drenados em razão da presença do lençol freático a 182, 85 e 74 cm de profundidade, respectivamente. A maioria das cores dos horizontes E variaram nos matizes 10YR e 7,5YR, com valores de 5 a 7 e cromas de 1 a 3, indicando diminutas quantidades em materiais corantes, como matéria orgânica e sesquióxidos, definindo um horizonte álbico. Essa cor predominantemente clara é determinada pelos minerais de quartzo da fração areia. Os horizontes espódicos Bh apresentaram, geralmente, cores escuras por causa da maior concentração de compostos orgânicos, característicos desses horizontes. Nos horizontes Bh, os valores e cromas situaram-se entre 2 e 3. Entretanto, os horizontes definidos como Bhs apresentaram cores mais claras, nos matizes 10YR e 7,5YR, valores 5 ou 6 e cromas entre 6 e 3, sempre com mosqueados escuros em matizes diversos, com valores e cromas entre 2 e 4, podendo apresentar ainda outros mosqueados avermelhados mais claros. As cores alternadas mais claras e escuras indicam a presença de matéria orgânica e óxidos de Fe. Os horizontes Bs apresentaram cores muito claras nos matizes 10YR e 7,5YR, com valores entre 5 e 7 e cromas de 2 a 8, apresentando mosqueados vermelhos ou amarelos com valores entre 4 e 8 e cromas entre 6 e 8, sem ocorrência de mosqueados escuros. Embora apresentem cores claras não indicativas da presença de matéria orgânica, alguns desses horizontes, particularmente

nos perfis P1, P4 e P13, apresentaram teores relativamente altos de matéria orgânica (Quadro 1), mais altos que muitos horizontes classificados como Bhs, evidenciando que o critério da cor não é suficiente para estimar o teor de matéria orgânica desses horizontes cimentados.

A consistência tanto seca quanto úmida foi sempre contrastante entre os horizontes A e E. Nos horizontes espódicos cimentados, essa se apresentou, nos primeiros, solta ou muito friável; e nos horizontes espódicos, extremamente dura, quando seca, e extremamente firme, quando úmida. A consistência molhada evidenciou-se não plástica e não pegajosa praticamente em todos os perfis, em concordância com a textura arenosa.

Observaram-se, para os horizontes Bh, uma transição abrupta e plana ou ondulada e, para os horizontes cimentados Bsm, Bhsm ou Bsx, em geral, abrupta e ondulada ou irregular.

Caracterização química e física

A textura dos horizontes B espódicos foi predominantemente arenosa, com variações entre areia, areia franca e franco-arenosa, sempre com valores da fração argila inferiores a 130 g kg⁻¹ (Quadro 1) Esses resultados são concordantes com a definição desses solos no SiBCS (Embrapa, 2006) e com diversos estudos sobre Espodosolos no Brasil, em áreas de restinga ou nos tabuleiros costeiros (Moreau, 2001; Araújo Filho, 2003; Gomes, 2005; Oliveira, 2007; Coelho et al., 2010a). Os Espodosolos possuem materiais de origem normalmente muito pobres em argila, como quartzitos, arenitos ou sedimentos arenoquartzosos, resultando em solos de textura arenosa ao longo do perfil (Oliveira et al., 1992).

Com relação às características químicas, observaram-se acidez elevada, baixa saturação por bases, baixa CTC e alta saturação por Al³⁺. Resultados semelhantes também foram verificados por outros autores no estudo desses solos (Moura Filho, 1998; Coelho et al., 2010a). De acordo com Oliveira et al. (1992), a baixa fertilidade desses é refletida pela soma de bases trocáveis, que raramente atinge níveis superiores a 1 cmol_c kg⁻¹, sendo, na maioria das vezes, caracterizados como solos álicos ou distróficos.

Os teores de H+Al nos horizontes espódicos correlacionaram-se de forma positiva ($r = 0,84$; $p < 0,001$), com os teores de carbono orgânico, provavelmente em razão dos ácidos orgânicos presentes nesses horizontes. Coelho et al. (2010b) obtiveram melhores resultados para essa correlação ($r = 0,95$; $p < 0,0001$), com Espodosolos do Estado de São Paulo. A mesma correlação com os teores de Al³⁺ também foi positiva, embora menos expressiva ($r = 0,63$).

A relação entre a capacidade de troca de cátions (T) a pH 7,0 e os teores de carbono orgânico nos horizontes espódicos foi positiva ($r = 0,84$; $p < 0,001$), uma vez que nesses solos, predominantemente

arenosos, essa propriedade deve-se quase que exclusivamente à matéria orgânica.

O pH em água, de forma geral, apresentou-se inferior nos horizontes B espódicos (pH 4,0-5,2; média 4,6), em relação aos horizontes E (pH 3,9-6,6; média 4,9), provavelmente em decorrência dos ácidos orgânicos mais elevados naqueles horizontes. Segundo Gomes et al. (1998), os horizontes E apresentam-se, na maioria das vezes, com pH mais elevado que os horizontes espódicos, por serem mais lavados e praticamente destituídos de matéria orgânica, principal fonte de acidez desses solos. O pH em água, na relação 1:1, situou-se abaixo de 5,9 nos horizontes espódicos, atendendo a critérios internacionais para enquadramento desses horizontes como B espódicos (FAO, 2006; USDA, 2010). O pH em KCl se evidenciou menor que em água em todos os perfis, caracterizando um ΔpH negativo, indicando carga líquida negativa, e uma fração coloidal com predominância de troca catiônica.

Os teores de carbono orgânico apresentaram-se elevados nos horizontes superficiais (Ap), variando entre 7,41 e 31,0 g kg⁻¹ (média de 19,01 g kg⁻¹), reduzindo nos horizontes eluviais (E) para teores entre 0,8 e 15,4 g kg⁻¹ (média de 4,2 g kg⁻¹) e aumentando novamente nos horizontes B espódicos (Bh, Bhs e Bs). Nestes, os valores variaram entre 5,63 e 63,0 (média de 23,51 g kg⁻¹).

Os teores de P assimilável extraídos com solução Mehlich-1 apresentaram-se mais elevados, de maneira geral, nos horizontes superficiais, provavelmente decorrente da decomposição da matéria orgânica encontrada nesses. Alguns valores elevados observados na superfície de alguns perfis são resultantes da aplicação de fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar, uso agrícola de todos os perfis coletados.

Com relação às características físicas e químicas, a não ser pela presença de fragipã, em alguns perfis de solos dos tabuleiros costeiros não foram verificadas diferenças entre esses e o perfil da área de restinga.

Classificação dos solos

A designação dos horizontes espódicos e a classificação dos perfis obedeceram aos critérios estabelecidos no SiBCS (Embrapa, 2006), com base, exclusivamente, na descrição morfológica.

De acordo com os critérios e as definições atuais do SiBCS, quatro Espodosolos estudados foram classificados na subordem dos Humilúvicos, em virtude da presença do horizonte Bh ou Bhm, sobreposto a outros tipos de horizontes espódicos; três perfis foram classificados como Ferrilúvicos, por apresentarem apenas o Bsm, de cores vivas ou muito claras; e sete foram enquadrados como Ferrihumilúvicos, em razão da presença de Bhs ou Bhsm, isoladamente ou sobreposto a outros tipos de B espódico. Como constatado na classificação dos perfis deste trabalho, e de acordo com Embrapa (2005), ocorreram dificuldades na correlação da morfologia, particularmente a cor, com

Quadro 1. Caracterização granulométrica e química de amostras dos horizontes dos solos estudados

Hor.	AG	AF	Silte	Arg	Classe textural	pH ⁽¹⁾		pH ⁽²⁾		SB	H+Al	Al ³⁺	T	V	m	C	P
						H ₂ O	KCl	H ₂ O	H ₂ O								
P1 - Espodossolo Humilúvico hiperespesso espessa																	
Ap	486	430	44	40	AR	6,8	6,5	6,8	2,9	1,2	0,0	4,1	71	0	28,0	46	
A	744	130	66	60	ARF	6,9	6,4	7,0	2,9	1,2	0,0	4,1	70	0	16,7	37	
AE	800	140	40	20	AR	6,9	6,2	6,6	1,1	1,2	0,0	2,3	48	0	6,1	7	
E1	784	194	2	20	AR	6,7	6,1	6,5	0,2	1,0	0,0	1,2	17	0	0,8	3	
E2	796	178	6	20	AR	6,8	6,1	6,6	0,3	0,7	0,0	1,0	31	0	1,2	10	
Bh	860	84	36	20	AR	5,2	4,5	4,8	1,2	6,4	0,3	7,9	15	20	63,0	4	
Bhsm	84	294	94	20	AR	5,1	4,4	5,0	1,5	9,4	0,4	11,3	14	19	28,8	3	
P2 - Espodossolo Humilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	700	243	37	20	AR	5,6	5,2	5,3	2,6	1,0	0,0	3,6	73	0	20,6	85	
E1	694	270	16	20	AR	5,8	5,0	5,4	0,6	0,9	0,0	1,5	40	0	4,0	3	
E2	640	318	22	20	AR	6,2	5,8	5,7	0,3	1,0	0,0	1,3	22	0	1,1	1	
Bh	558	302	49	91	ARF	4,7	4,0	4,4	1,3	8,2	1,4	10,9	12	52	20,3	53	
Bhsm	449	292	168	91	FAR	5,0	4,3	4,6	0,5	7,8	0,6	8,9	5	58	27,6	5	
P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	693	219	48	40	AR	6,2	6,0	6,2	4,2	0,6	0,0	4,7	88	0	18,0	329	
E1	723	238	19	20	AR	6,6	6,4	6,3	0,6	0,9	0,0	1,5	40	0	1,7	10	
E2	715	250	15	20	AR	6,3	6,0	6,1	0,5	1,1	0,0	1,6	30	0	0,6	2	
Bhsm	601	234	145	20	ARF	4,5	4,0	4,7	1,0	11,2	1,5	13,7	7	59	33,4	10	
P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	689	257	34	20	AR	4,7	4,0	4,3	1,3	1,0	0,1	2,4	54	6	11,7	3	
E1	667	286	27	20	AR	5,6	4,7	4,9	0,3	1,2	0,0	1,5	19	0	2,2	2	
E2	633	314	33	20	AR	5,8	5,2	5,3	0,3	1,3	0,0	1,6	18	0	0,6	1	
Bhs	525	326	109	40	ARF	4,8	4,1	4,7	0,9	6,6	1,0	8,5	11	52	28,1	26	
Bsm	419	342	209	30	ARF	4,5	4,2	4,6	0,7	11,5	1,0	13,2	5	59	37,6	7	
P5 - Espodossolo Ferrihumilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	701	221	0	78	AR	4,9	4,2	4,5	2,0	1,8	0,1	3,9	52	5	19,5	57	
E	669	271	40	20	AR	5,7	5,3	5,4	0,7	2,3	0,0	3,0	23	0	1,7	2	
Bhsm	601	261	60	78	ARF	4,6	4,4	4,8	0,7	8,1	0,6	9,4	7	46	33,9	9	
P6 - Espodossolo Ferrihumilúvico órtico espessarênico fragipânico																	
Ap	697	219	44	40	AR	6,4	5,8	6,2	3,5	0,5	0,0	4,0	86	0	16,3	80	
AE	647	272	31	50	AR	5,7	4,8	5,6	1,1	1,4	0,0	2,5	44	0	12,1	6	
E	600	276	5	119	ARF	5,4	4,6	4,9	0,5	2,0	0,2	2,7	18	27	8,3	2	
Bhs	588	264	49	99	ARF	5,1	4,6	4,7	0,5	4,0	0,2	4,8	10	34	23,4	9	
Bhsx	445	274	172	109	FAR	5,0	4,8	5,0	0,4	4,3	0,2	4,9	8	35	16,1	8	
P7 - Espodossolo Ferrihumilúvico órtico dúrico arênico																	
Ap	753	192	35	20	AR	4,6	3,2	4,0	0,9	1,9	0,8	3,7	25	48	16,4	6	
E	682	289	9	20	AR	4,7	3,8	3,9	0,3	1,8	0,4	2,5	11	60	1,0	1	
Bhsm	534	255	121	90	FAR	4,3	3,6	4,3	0,9	8,7	1,3	10,9	8	58	22,1	7	
P8 - Espodossolo Humilúvico órtico dúrico arênico																	
Ap	699	234	37	30	AR	4,0	3,2	3,9	0,5	1,0	0,4	1,9	26	44	7,4	54	
E1	643	297	40	20	AR	4,9	3,9	5,2	0,6	1,6	0,1	2,3	25	17	4,2	18	
E2	633	300	47	20	AR	4,6	4,0	4,6	0,5	2,0	0,1	2,7	18	24	2,1	2	
Bhx	569	292	69	70	ARF	4,1	3,7	4,5	0,8	10,2	1,0	12,0	7	55	35,3	10	
Bsm	507	293	130	70	ARF	4,4	4,1	4,9	0,4	2,8	0,2	3,5	12	37	14,7	1	

Continua...

Quadro 1. Cont.

Hor.	AG	AF	Silte	Arg	Classe textural	pH ⁽¹⁾		pH ⁽²⁾		SB	H+Al	Al ³⁺	T	V	m	C	P
						H ₂ O	KCl	H ₂ O	H ₂ O								
P9 - Espodossolo Ferrilúvico órtico fragipânico, textura média (leve)																	
Ap	610	241	11	138	ARF	4,7	4,4	4,6	1,0	2,0	0,2	3,2	32	16	11,4	11	
E	511	237	94	158	FAR	4,6	4,4	4,4	0,4	2,7	0,3	3,5	11	48	10,2	2	
Bs/Bsm	521	221	180	78	FAR	4,8	4,5	4,4	0,4	3,3	0,2	3,9	10	34	20,6	1	
Bsx	509	283	110	96	ARF	4,9	4,6	4,8	0,4	2,7	0,1	3,1	13	20	5,6	1	
P10 - Espodossolo Humilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	698	224	58	20	AR	4,9	4,5	4,8	3,2	1,4	0,1	4,6	69	2	20,1	30	
AE	738	206	36	20	AR	4,5	3,9	4,9	1,0	1,7	0,1	2,8	37	9	15,8	18	
E1	722	240	18	20	AR	4,4	3,9	4,2	0,5	0,3	0,1	1,0	54	21	1,2	4	
E2	646	324	10	20	AR	4,3	4,1	4,6	0,5	0,8	0,0	1,4	37	7	0,4	4	
Bh	604	262	114	20	AR	4,1	4,0	4,4	0,5	1,2	0,8	2,6	20	62	15,2	2	
Bhsm	534	286	160	20	ARF	4,4	4,0	4,5	0,6	0,3	0,9	1,8	35	57	16,1	1	
P11 - Espodossolo Ferrilúvico órtico argissólico espessarênico, dúrico																	
Ap	736	224	20	20	AR	4,7	4,0	5,0	1,0	1,4	0,1	2,6	40	11	10,6	3	
E1	742	234	4	20	AR	4,6	4,0	5,3	0,4	1,1	0,2	1,7	24	33	4,4	3	
E2	658	286	36	20	AR	4,5	4,4	5,1	0,5	1,2	0,2	1,9	26	30	7,7	2	
E3	704	240	36	20	AR	4,7	4,6	5,4	0,3	0,6	0,1	1,0	31	25	1,3	1	
Bstm	460	266	142	132	FAR	4,4	4,0	5,1	0,3	1,0	0,3	1,6	19	54	9,2	2	
P12 - Espodossolo Ferrilúvico órtico espessarênico, dúrico																	
Ap	722	191	23	64	AR	4,2	3,8	4,8	0,6	2,0	0,5	3,2	20	44	30,5	15	
E1	686	224	26	64	AR	4,4	3,9	4,9	0,3	1,2	0,4	1,9	17	54	15,4	4	
E2	649	237	50	64	AR	4,1	4,2	4,4	0,4	1,9	0,5	2,8	15	57	14,3	3	
E3	648	239	49	64	AR	4,0	4,4	4,2	0,2	2,2	0,2	2,6	8	56	7,3	2	
Bsm	589	263	84	64	ARF	4,1	4,4	4,9	0,2	5,4	0,4	6,0	4	65	15,4	2	
P13 - Espodossolo Ferrilúvico órtico arênico, dúrico																	
Ap	743	212	25	20	AR	3,6	3,5	4,3	0,6	3,6	0,5	4,7	13	45	24,5	20	
E1	701	269	10	20	AR	3,9	3,7	4,3	0,6	1,6	0,4	2,7	22	43	2,0	4	
E2	650	298	32	20	AR	4,2	4,0	5,0	0,5	2,1	0,1	2,7	19	21	1,4	11	
Bhs	527	223	172	78	FAR	4,1	4,0	4,3	0,5	9,5	1,3	11,4	4	72	36,0	3	
Bsm	482	310	130	78	ARF	4,5	4,4	4,3	0,3	7,0	0,4	7,8	4	58	21,0	2	
P14 - Espodossolo Ferrilúvico órtico arênico, dúrico																	
Ap	661	225	36	78	AR	5,1	4,2	5,1	1,3	4,5	0,3	6,1	21	22	31,0	6	
E1	632	225	25	118	ARF	4,5	4,0	5,0	0,5	4,2	0,7	5,5	9	59	2,7	3	
E2	639	196	47	118	ARF	4,5	4,3	4,8	0,4	3,2	0,5	4,1	9	57	7,9	3	
Bhs/Bsm	538	254	90	118	FAR	4,4	4,3	4,8	0,5	6,7	0,5	7,7	6	51	24,2	2	
Bsm1	487	303	112	98	ARF	4,7	4,7	4,7	0,4	4,3	0,1	4,8	8	23	8,4	2	
Bsm2	480	301	121	98	FAR	4,7	4,7	4,8	0,6	3,7	0,1	4,4	13	21	8,2	2	

Hor.: horizonte; AG: areia grossa (0,2 - 2 mm); AF: areia fina (0,05 - 0,2 mm); e Arg: argila (<0,002 mm). Classe textural - AR: areia, ARF: areia franca e FAR: franco-arenosa. ⁽¹⁾ pH relação solo:solução 1:2,5; ⁽²⁾ pH relação solo:solução 1:1. SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por Al; C: carbono orgânico; P: fósforo disponível.

o aumento dos teores do C e Fe nos Espodossolos, sendo indispensável a introdução de critérios químicos para melhor classificá-los.

Caracterização mineralógica

A mineralogia dos solos reflete a natureza do material de origem que formou esses solos. A área do perfil 1, representante da área de restinga, é formada

por sedimentos arenosos marinhos depositados ao longo do Quaternário, com contribuição de sedimentos procedentes das áreas adjacentes, cujos solos foram desenvolvidos principalmente dos sedimentos da Formação Barreiras. Os demais perfis, representantes dos tabuleiros, são derivados da Formação Barreiras, que são constituídos principalmente por caulinita, goethita e quartzo.

Fração argila

As análises mineralógicas por DRX evidenciam que no perfil 01 (restinga) houve a predominância de caulinita e quartzo. Foi observada também a presença de ilita, anatásio e feldspato (Figura 1)

A caulinita é o mineral predominante na fração argila de Espodosolos das regiões tropicais e subtropicais em razão do intenso intemperismo e do material de origem, podendo, no caso deste trabalho, também ter sido formada a partir dos feldspatos encontrados na fração silte (Kämpf & Curi, 2003). O quartzo comumente encontrado na fração areia, também ocorre na fração silte e pode ocorrer na fração argila grossa e, em raros

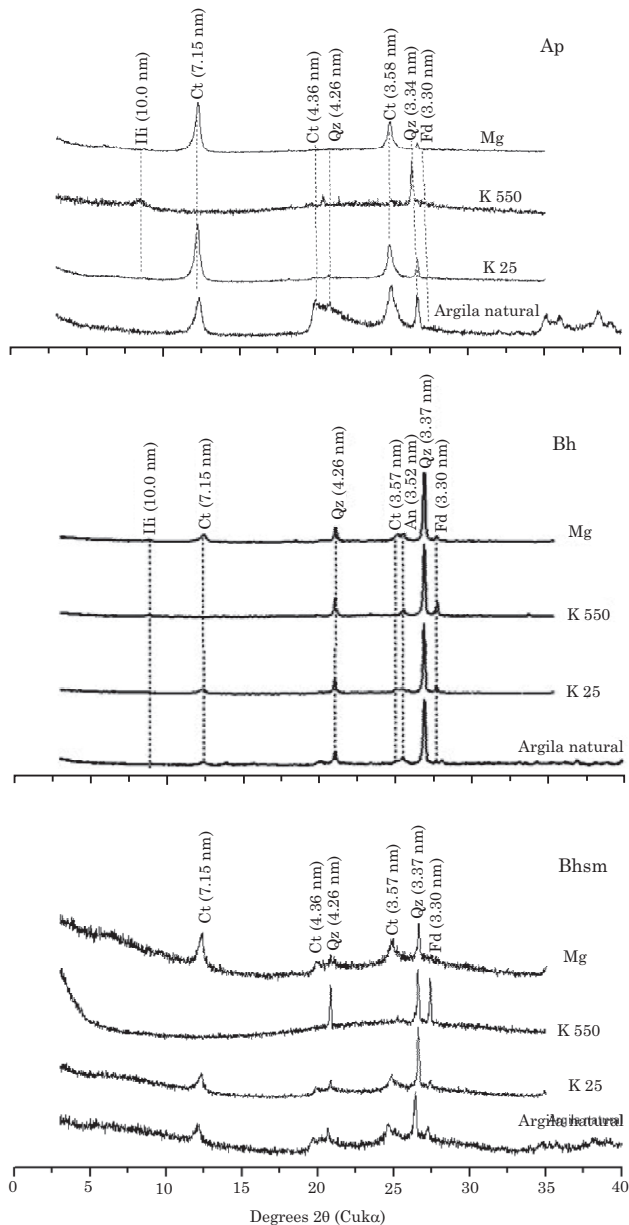


Figura 1. Difratomogramas de raios-X da fração argila dos horizontes Ap, Bh e Bhs, do perfil 1. An: anatásio; Ct: caulinita; Fd: feldspato; Gb: gibbsita; Gh: goethita; e Qz: quartzo.

casos, na argila fina (Drees et al., 1989). Alguns autores relataram que a presença do quartzo nas frações mais grossas e na fração argila leva à liberação lenta da sílica para a solução do solo, contribuindo para a formação da caulinita (Melo et al., 1995). Gomes (1995) encontrou na fração argila de Espodosolos de restingas, no Rio de Janeiro, quartzo, caulinita, mica, gibbsita, vermiculita com hidróxi entre camadas e esmectita interestratificada. Também na fração argila de Espodosolos sob vegetação de restinga na Bahia, Gomes (2002) observou presença de caulinita, quartzo, mica e esmectita. Gomes (2005), estudando Espodosolos nas restingas da Ilha do Cardoso em São Paulo, encontrou, na mesma fração, caulinita, quartzo, vermiculita com hidróxi entre camadas, vermiculita, esmectita e gibbsita.

Oliveira (2007), trabalhando com Espodosolos em áreas de restingas, na Bahia, encontrou a caulinita como mineral predominante na fração argila e, em menor proporção, o quartzo e a vermiculita com hidróxi entre camadas.

Os minerais predominantes na fração argila dos perfis dos tabuleiros costeiros (P6, P13 e P14) foram a caulinita e o quartzo. Outros minerais encontrados foram: feldspatos, gibbsita, goethita, anatásio e ilita. Na figura 2, é apresentado o difratograma de raios-X do perfil 6, representante da área de tabuleiro.

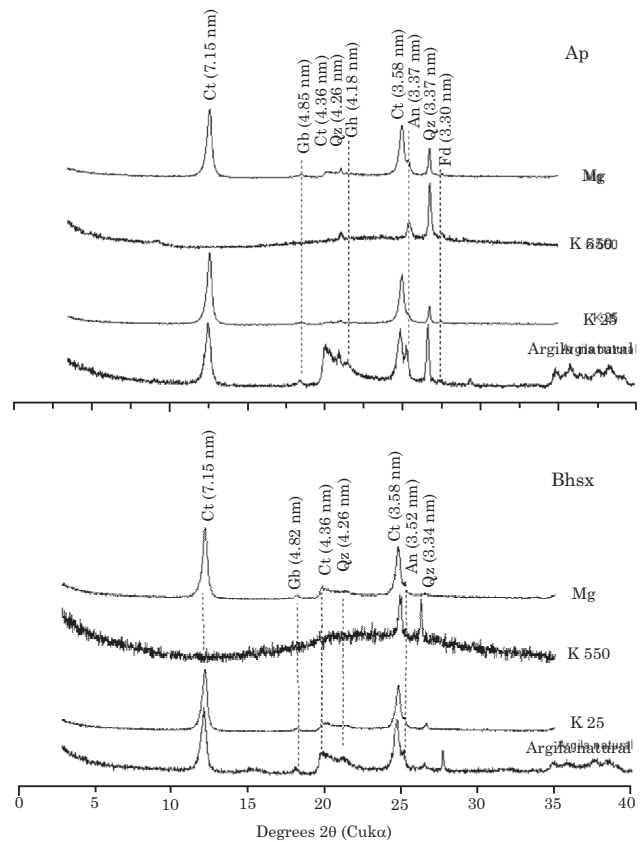


Figura 2. Difratomogramas de raios-X da fração argila dos horizontes Ap e Bhsx, do perfil 6. An: anatásio; Ct: caulinita; Fd: feldspato; Gb: gibbsita; Gh: goethita; e Qz: quartzo.

Em todos os solos dos tabuleiros, foi detectado o anatásio (TiO_2), mineral de forte resistência ao intemperismo. Outros autores como Fernandes (2000) e Moreau (2001) também identificaram esse mineral na fração argila de solos dos tabuleiros costeiros.

A goethita ocorreu nos perfis de tabuleiros (P6, P13 e P14), principalmente no perfil 14, não sendo observada no perfil de restinga.

A gibbsita foi observada nos perfis 6 e 14. Esse mineral promove maior friabilidade e estruturação ao solo, podendo ter sido originado da intemperização dos feldspatos (Volkoff et al., 1984). Entretanto, em nenhum dos perfis com horizontes cimentados, inclusive o perfil 6, com fragipã, a presença da gibbsita no horizonte espódico impediu a cimentação. Isso sugere que as propriedades de dureza e estrutura maciça desses horizontes são dependentes da presença de agentes cimentantes, independentemente da presença de gibbsita. Resultados semelhantes foram descritos por Moreau (2001) e Gomes et al. (2007).

A presença de discretos picos nos difratogramas relativos ao espaçamento basal de mica, no caso a illita, foi observada tanto no perfil 1 de restinga como nos perfis 13 e 14, dos tabuleiros. Esse mineral pode ter sido formado a partir do intemperismo da muscovita ou biotita.

Fração silte

Na fração silte, verificou-se a predominância de quartzo e, ou, caulinita em todos os perfis. Também ocorreram outros minerais em diminutas proporções como anatásio, feldspato, goethita e gibbsita, encontrados e comentados anteriormente na caracterização da fração argila. Na figura 3, é apresentado o difratograma de raios-X do perfil 1, representante da área de restinga e do perfil 6, representante da área de tabuleiro.

Gomes (1995) encontrou na fração silte de solos sob restinga no Rio de Janeiro, além dos minerais observados neste trabalho, a mica e vermiculita com hidróxi entre camadas. Em São Paulo, em solos de restinga, observou-se a predominância de feldspatos e quartzo nessa fração (Gomes, 2005). Moura Filho (1998), estudando Espodosolos sob restinga na costa alagoana, constatou a presença de quartzo, caulinita, feldspatos e mica na mesma fração.

De forma geral, os minerais encontrados nas frações silte e argila são similares aos encontrados por outros autores (Moreau, 2001; Gomes, 2002; Oliveira, 2007), em trabalhos com solos de restinga e de tabuleiros costeiros no Brasil, comprovando uma assembleia mineralógica menos diversificada, em relação aos Espodosolos de regiões temperadas. Isso decorre provavelmente da natureza do material de origem e do intenso intemperismo da região em estudo.

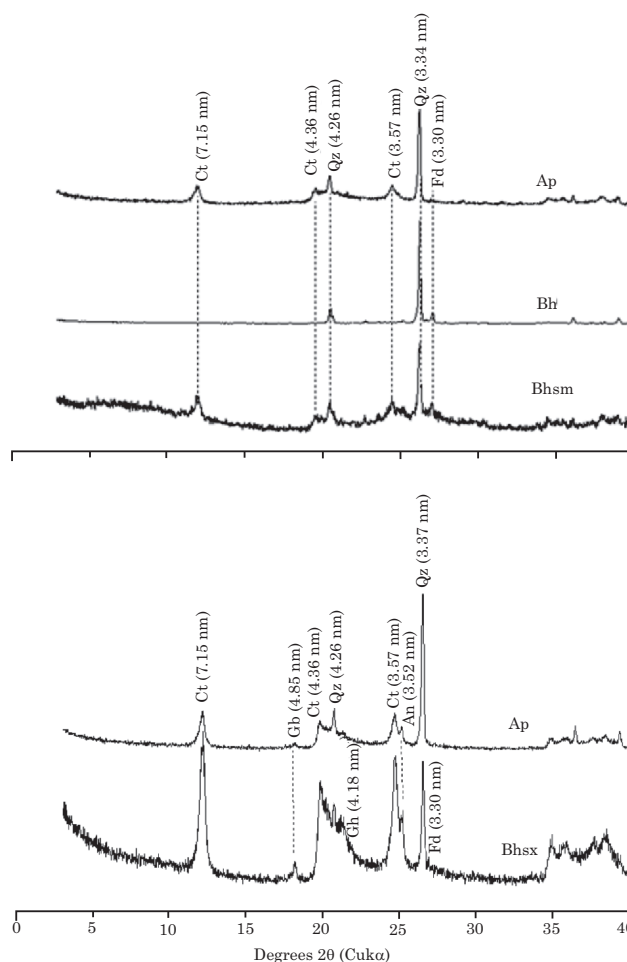


Figura 3. Difratogramas de raios-X da fração silte dos horizontes Ap, Bh e Bhs, do perfil 1, e dos horizontes Ap e Bhsx, do perfil 6. Ct: caulinita; Fd: feldspato; Qz: quartzo; Gb: gibbsita; e Gh: goethita.

Fração areia

A predominância do quartzo foi observada em todos os perfis, com traços de feldspato nos perfis 1 e 14. A caulinita encontrada em alguns perfis nessa fração, provavelmente deve-se à possível dispersão parcial na separação das frações granulométricas. Na figura 4, são apresentados os difratogramas de raios-X da fração areia do perfil localizado na área de restinga (perfil 1) e de um dos perfis localizado em área de tabuleiro (perfil 6).

CONCLUSÕES

1. O critério da cor evidenciou-se insuficiente para a identificação de horizontes cimentados dos Espodosolos.
2. Não houve diferença marcante entre os Espodosolos do ambiente de restinga e do tabuleiro

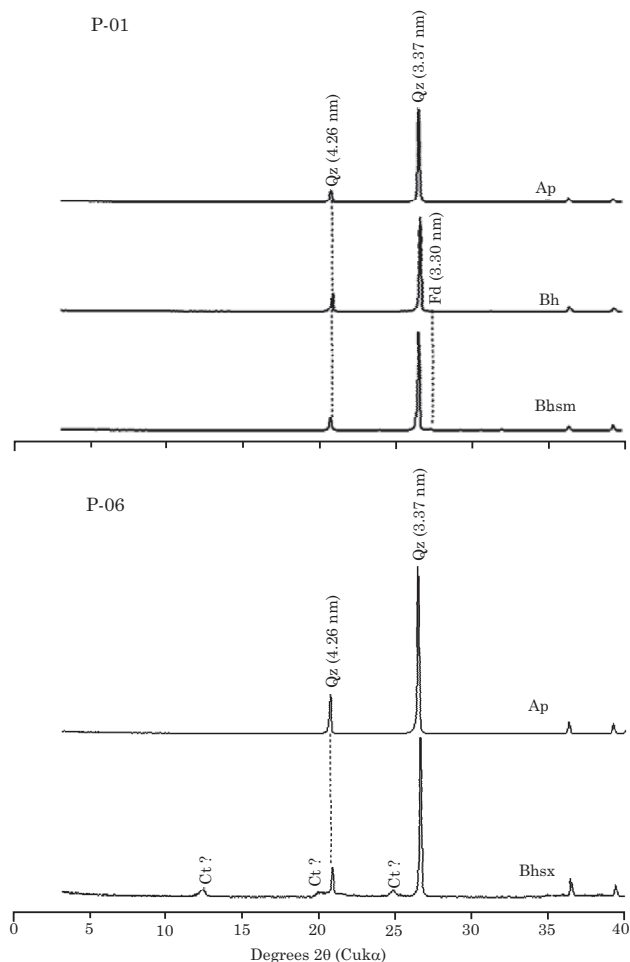


Figura 4. Difratomogramas de raios-X da fração areia dos horizontes Ap, Bh e BhsM, do perfil 1, e dos horizontes Ap e BhsX, do perfil 6. Ct: caulinita; Fd: feldspato; e Qz: quartzo.

costeiro, quanto as suas propriedades químicas e físicas, exceto em relação à presença de Fragipã, comum nos tabuleiros.

3. A caulinita foi o principal mineral na fração argila de todos os solos estudados, enquanto a fração grossa foi formada essencialmente por quartzo. Também estavam presentes a goethita, gibbsita, anatásio, feldspatos e ilita.

LITERATURA CITADA

- ARAÚJO FILHO, J.C. Horizontes cimentados em Argissolos e Espodossolos dos Tabuleiros costeiros e em Neossolos Regolíticos e Planossolos da Depressão Sertaneja do Nordeste do Brasil. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003. 233p. (Tese de Doutorado)
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Geologia e recursos minerais do Estado de Pernambuco. Recife. Escala 1:500.000 CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. 198p. ilustr., mapas.
- COELHO, M.R.; VIDAL-TORRADO, P.; PEREZ, X.L.O.; MARTINS, V.M. & VÁSQUEZ, F.M. Fracionamento do alumínio por técnicas de dissoluções seletivas de Espodossolos da planície costeira do Estado de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 34:1081-1032, 2010a.
- COELHO, M.R.; VIDAL-TORRADO, P.; PEREZ, X.L.O.; MARTINS, V.M. & VÁSQUEZ, F.M. Química e gênese de solos desenvolvidos sob vegetação de restinga no Estado de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 34:1951-1964, 2010b.
- DREES, L.R.; WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & SENKAYI, A.L.. Silica in soils: Quartz and disordered silica polymorphs. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.913-974.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Guia de excursão pedológica do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: solos da zona da mata de Pernambuco. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2005. 85p. (Documentos, 72) CD-ROM
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FAO. WRB - World reference base for soil resources. Rome. 2006. (World Soil Resources Reports, 103)
- FERNANDES, R.B.A. Atributos mineralógicos, cor, adsorção e desorção de fosfatos em Latossolos do Sudeste Brasileiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 265p. (Tese de Doutorado)
- FURRIER, M.; ARAUJO, M.E. & MENESES, L.F. Geomorfologia e tectônica da formação Barreiras no Estado da Paraíba. Geol. USP: Sér. Cient., 6:61-80, 2006.
- GOMES, J.B.V. Caracterização, gênese e uso de solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 158p. (Dissertação de Mestrado)
- GOMES, J.B.V.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. & MENDONÇA, E.S. Solos de três áreas de restinga. II Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. Pesq. Agropec. Bras., 33:11, 1998.
- GOMES, F.H. Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus - Bahia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- GOMES, F.H. Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso - SP. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 107p. (Tese de Doutorado)

- GOMES, F.H.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F.; GHERARDI, B. & PEREZ, X.L.O. Solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso (SP): II - Mineralogia das frações silte e argila. R. Bras. Ci. Solo, 31:1581-1589, 2007.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C. & REZENDE, S.B., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.1-54.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner., 7:317-327. 1960
- MELO, V.F; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & NOVAIS, R.F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 19:165-171, 1995.
- MOREAU, A.M.S.S. Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 139p. (Tese de Doutorado)
- MOURA FILHO, G. Caracterização e uso de solos arenosos associados à Foz do Rio São Francisco, no Litoral Sul de Alagoas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 210p.
- OLIVEIRA, A.P. Pedogênese de espodosolos em ambientes da formação barreiras e de restinga do sul da Bahia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007.102p. (Dissertação de Mestrado)
- SÁ, L.T.L. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1998. 127p. (Dissertação de Mestrado)
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Natural Resources Conservation Service. Keys to soil taxonomy. 7.ed. Washington, Soil Survey Staff, 2010.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & MELFI, A.J. Húmus e a mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 8:277-283, 1984.