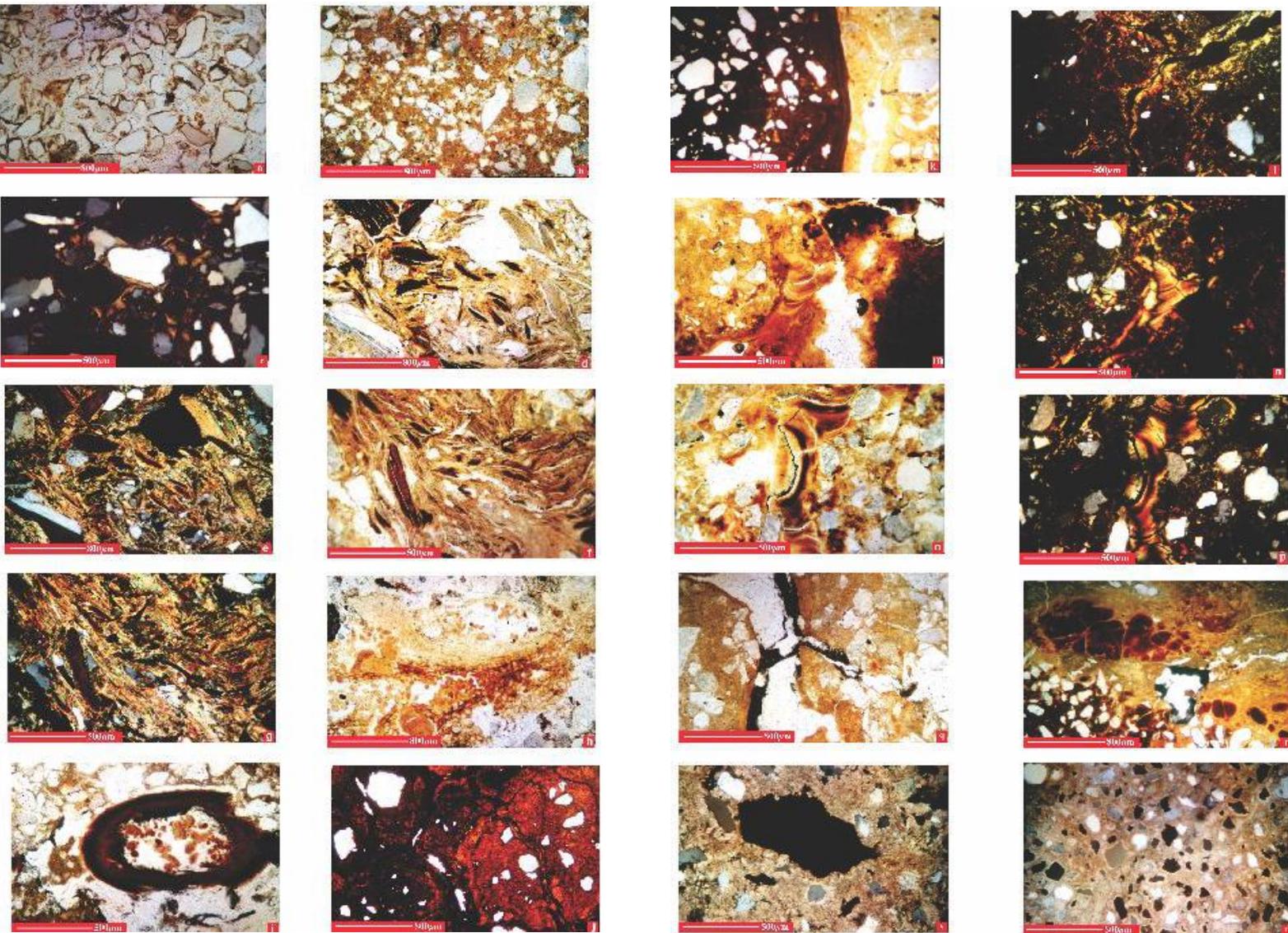


## Gênese do Adensamento Subsuperficial em Solos de Tabuleiro do Semiárido do Nordeste do Brasil: Micromorfologia



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Solos*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 221***

## **Gênese do Adensamento Subsuperficial em Solos de Tabuleiro do Semiárido do Nordeste do Brasil: Micromorfologia**

*Maria Sonia Lopes da Silva*

*Mauro Carneiro dos Santos*

*Egon Klamt*

*Brivaldo Gomes de Almeida*

Rio de Janeiro, RJ

2012

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, nº 1.024, Jardim Botânico  
CEP: 22460-000, Rio de Janeiro, RJ  
Fone: (21) 2179-4500  
Fax: (21) 2179-5291  
Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)  
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco>

**UEP Recife**

Rua Antônio Falcão, 402 - Boa Viagem  
Recife, PE - Brasil - CEP 51020-240  
Fone: (81) 3198-7800  
Fax: (81) 2274-5291

**Comitê de Publicações da Embrapa Solos**

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Cláudia Regina Delaia Machado, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Maria Regina Capdeville Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Quitéria Sonia Cordeiro dos Santos.*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisão de texto: *Enyomara Lourenço Silva*

Normalização bibliográfica: *Enyomara Lourenço Silva*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

1ª edição

1ª impressão (2012): online

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

S586g Silva, M. S. L. da.

Gênese do adensamento subsuperficial em solos de Tabuleiro do Semiárido do Nordeste de Brasil: micromorfologia / Maria Sônia Lopes da Silva, Mauro Carneiro dos Santos, Egon Klamt, Brivaldo Gomes da Almeida. – Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos; Recife, PE: Embrapa Solos – UEP Recife, 2012.

37 p.: il. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 221).

ISSN 1678-0892

1. Solo. 2. Classificação. 3. Análise. I. Silva, Maria Sônia Lopes da. II. Santos, Mauro Carneiro dos. III. Klamt, Egon. IV. Almeida, Brivaldo Gomes de. Título. Série.

CDD 631.44

---

© Embrapa 2012

## Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução .....	9
Material e Métodos .....	12
Resultados e Discussão .....	15
Conclusões .....	34
Referências .....	35

# Gênese do Adensamento Subsuperficial em Solos de Tabuleiro do Semiárido do Nordeste do Brasil: Micromorfologia

---

*Maria Sonia Lopes da Silva<sup>1</sup>*

*Mauro Carneiro dos Santos<sup>2</sup>*

*Egon Klamt<sup>2</sup>*

*Brivaldo Gomes de Almeida<sup>3</sup>*

## Resumo

Na zona semiárida da região Nordeste do Brasil ocorrem superfícies geomorfológicas tabulares conhecidas como Tabuleiros Sertanejos ou Tabuleiros Interioranos que constituem unidade geoambiental com potencial para agricultura irrigada quando localizados na bacia hidrográfica do médio São Francisco. Os levantamentos pedológicos efetuados nessa região têm demonstrado a expressiva ocorrência de solos com adensamento subsuperficial que acarreta aumento na densidade do solo, na susceptibilidade à erosão e restrição à penetração de raízes e infiltração d'água, contribuindo para diminuição da produtividade agrícola. Com o objetivo de identificar os processos envolvidos na gênese deste adensamento foram selecionados três perfis de solos representativos ao longo de uma topossequência, localizados no município de Petrolina, PE, nos quais foi efetuada a caracterização micromorfológica, visando obter informações sobre os processos de formação dessas camadas adensadas. Os resultados obtidos indicam que os três perfis são derivados do mesmo material de

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Pesquisadora da Embrapa Solos - UEP Recife. Rua Antônio Falcão, 402. Boa Viagem. CEP: 51020-240, Recife-PE. E-mail: <https://www.embrapa.br/fale-conosco>

<sup>2</sup> Professor Colaborador, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Caixa postal 776, CEP: 90001-970. Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Professor Colaborador, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Rua Dom Manoel Medeiros s/n. Dois Irmãos. CEP 52171-900, Recife, PE.

origem, tratando-se de sedimentos Pós-Cretáceo caracterizados por intensa mistura de resíduos de rochas cristalinas do Pré-Cambriano do embasamento, provavelmente influenciados por materiais de antigos terraços fluviais do Rio São Francisco. Em decorrência, o adensamento subsuperficial não é resultado da atuação de processos sedimentológicos, ou seja, devido à descontinuidade litológica o adensamento deve-se a processos pedogenéticos como eluviação/iluviação, que proporcionaram o acúmulo de argila, silício, ferro e alumínio no horizonte B; bem como por processos de plintização e salinização, influenciados por ciclos alternados de umedecimento e secagem.

**Termos de indexação:** argissolo amarelo, planossolo nátrico, processos pedogenéticos.

# **Genesis of subsuperficial hardsetting in plateau soils in the semiarid area of Brazil's Northeastern region: micromorphology**

---

## **Abstract**

*In the semiarid zone of the northeastern region of Brazil, geomorphological tabular surfaces, known as "Tabuleiros Sertanejos" or "Tabuleiros Interioranos" (countryside plateaus) occur, forming a geoenvironmental unit with a potential for irrigated agriculture in the mid Sao Francisco's drainage basin. Pedological surveys carried out in this region have shown an expressive occurrence of soils with subsuperficial hardsetting, with increased in soil density, increasing the susceptibility to erosion and restrictions for root penetration and water infiltration, and consequently contributing to a decrease in agricultural productivity. With the purpose to characterize these soils and identify processes involved in the genesis of this hardsetting, three representative soil profiles were chosen along a toposequence, located in the county of Petrolina-PE, in which the macromorphological, physical, chemical, mineralogical and micromorphological characterization was performed. The results obtained indicate that the three profiles were derive from the same parent material, being comprised of Post-Cretaceous sediments characterized by an intense mixture of residues of Pre-Cambrian crystalline rocks from the basement, possibly influenced by materials from old S. Francisco River's fluvial terraces. The subsuperficial hardsetting, is not a result of sedimentary processes, represented by a lithological discontinuity, since soils developed from similar*

*sedimentary material. The hardsetting was developed by pedogenetic process, as eluviation/illuviation, which provided the accumulation of clay, silicon, iron, aluminum in the B horizon; plinthization, salinization and processes influenced by alternate cycles of wetting and drying.*

***Index terms:*** *yellow argisol, natric planosol, hardsetting, pedogenetic process.*

## Introdução

A região Nordeste do Brasil possui uma extensão territorial de 969.589,3 km<sup>2</sup>, o que representa 18% do território nacional. Aproximadamente 60% dessa região corresponde à zona semiárida, abrangendo o tipo climático semiárido atenuado (zona do agreste) e o semiárido acentuado (sertão).

Na zona do semiárido acentuado destacam-se as superfícies geomorfológicas tabulares conhecidas como tabuleiros sertanejos ou tabuleiros interioranos, que constituem uma unidade geoambiental com potencial agrícola sustentável, especialmente com irrigação. São superfícies aplanadas relacionadas com recobrimento de material sedimentar argilo-arenoso do Terciário/Quaternário sobre rochas gnáissicas do Pré-Cambriano.

Os levantamentos pedológicos efetuados na região Nordeste, mais precisamente nos tabuleiros sertanejos, mostram uma grande ocorrência de solos, especialmente da classe de Argissolos, com adensamento a partir do topo do horizonte B. Esse adensamento pode ser derivado de processos sedimentológicos e/ou pedogenéticos, acarretando aumentos na densidade do solo, restrições físicas à penetração de raízes e infiltração d'água, aumentando a erosão e, conseqüentemente, diminuição da produtividade agrícola.

O adensamento em camadas subsuperficiais também ocorre nos Argissolos dos tabuleiros litorâneos situados na zona úmida costeira, para os quais diversos estudos sobre caracterização, gênese, evolução e degradação têm sido realizadas, procurando entendimento para solucionar ou amenizar o problema. Nos tabuleiros sertanejos, no entanto, são poucos os trabalhos desenvolvidos no que diz respeito à gênese destes horizontes e, por conseguinte, a definição de técnicas de manejo adequadas a estes solos.

Estudos que visem à caracterização dos solos e a identificação dos processos envolvidos na gênese do adensamento são necessários a fim de subsidiar pesquisas direcionadas à definição de técnicas de uso e manejo destes solos para a obtenção de rendimento das plantas economicamente viáveis e, ao mesmo tempo, ambientalmente sustentável.

A micromorfologia do solo estuda amostras indeformadas do solo por meio de técnicas microscópicas e ultramicroscópicas, com o objetivo de identificar os diferentes constituintes e determinar suas relações mútuas no espaço e, quando possível, no tempo (SANTOS et al., 1991). Ela é importante no estudo da física do solo, manejo e conservação, fertilidade e gênese, fornecendo subsídios ao estudo da estrutura do solo, porosidade, permeabilidade, adensamento, encrostamento, sendo a melhor maneira de avaliar a influência do manejo nestas propriedades do solo (BREWER, 1976; BULLOCK et al., 1985; MERMUT; SANTOS, 1991).

No caso dos estudos de gênese dos solos, a micromorfologia é importante na caracterização de camadas adensadas e/ou compactadas por identificar e quantificar os argilões de iluviação, a distribuição dos constituintes matriciais, o tipo de porosidade, o preenchimento de poros, a presença de agentes cimentantes, como os óxidos de ferro, argila e matéria orgânica, detectar empacotamento das partículas e grãos da fração grosseira. Enfim, pela identificação da contextura interna e das pedofeições do solo, sendo, dessa forma, fundamental no estudo da gênese dos processos de formação do solo (MERMUT; SANTOS, 1991).

Santos, Mermut e Ribeiro (1991), baseando-se no estágio avançado de intemperismo das frações grosseiras e na uniformidade dos padrões de constituição, formas e tamanhos dessas frações, não detectaram diferenças entre os materiais de origem de três solos do sertão Pernambucano, mais especificamente, um Latossolo Amarelo e dois Argissolos Vermelho-Amarelos. Segundo os autores, a ocorrência de maiores quantidades de argilões de iluviação em horizontes que nem sempre são os que mais contêm argilas, e a presença de nódulos plintícos típicos em todos os perfis, de modo independente da formação de mosqueados, identificam o caráter poligenético desses solos.

Através da caracterização e da gênese de Argissolos Vermelho-Amarelos da região de Ouricuri, semiárido de Pernambuco, Ribeiro et al. (1991) concluíram que a pedogênese dos oito perfis estudados é caracterizada pela translocação de argila, com formação de cutãs de iluviação, desenvolvimento de fragipãs e horizontes plintícos. Silva e Ribeiro (1998), no tocante aos

tabuleiros costeiros de Alagoas, mencionam que o adensamento encontrado no horizonte B<sub>Ax</sub> de um Latossolo Amarelo é de origem pedogenética, o qual foi acelerado com o cultivo da cana-de-açúcar, pelo preenchimento de poros com argila iluvial.

Dantas et al. (1998), caracterizando Argissolos Vermelho-Amarelos na região de Petrolina – PE, encontram evidências de que a iluviação de argilas nos horizontes subsuperficiais, é provavelmente o principal processo na formação das cimentações e impermeabilidade das camadas mais profundas dos solos estudados. Souto Maior (1996), caracterizando solos da mesma região, só que desta vez Argissolos plínticos, através de estudos micromorfológicos, evidenciou que a iluviação de argilas foi responsável pela impermeabilidade subsuperficial dos solos. Como consequência, foram geradas as condições alternantes de oxi-redução que permitiram as segregações e movimentação do ferro e a formação de mosqueados e plintita.

Oliveira Neto (1992), estudando a micromorfologia de solos Neossolos Regolíticos e Planossos no agreste de Pernambuco, em uma topossequência, verificou que os horizontes com fragipãs nos Regossolos, embora mais adensados que os demais horizontes, não apresentaram características acentuadas de iluviação de argila, presença de pápulas, desorganização dos poros, comuns neste tipo de cimentação, devendo ser resultado da ação de compostos amorfos provavelmente de sílica. Entretanto, segundo os autores, o adensamento do horizonte B plânico do Planossolo é devido ao enriquecimento de argila, proveniente tanto das migrações laterais e verticais quanto pela intemperização “in situ” de minerais primários, especialmente biotitas.

Almeida (1995), em Luvisolos do estado de Sergipe; e Parahyba (1993), em Planossolos do agreste Pernambucano, concluíram que as marcantes diferenciações texturais nos perfis são resultantes de processos relativos à formação “in situ” de argila, através de intemperização das biotitas e das perdas laterais destas por dissolução e/ou arraste mecânico superficial e em profundidade. Eluviação-iluviação (lessivagem em sentido restrito) exerce menos influência, havendo poucas evidências de terem ocorrido. A formação “in situ” de argila a partir de minerais facilmente intemperizáveis também foi

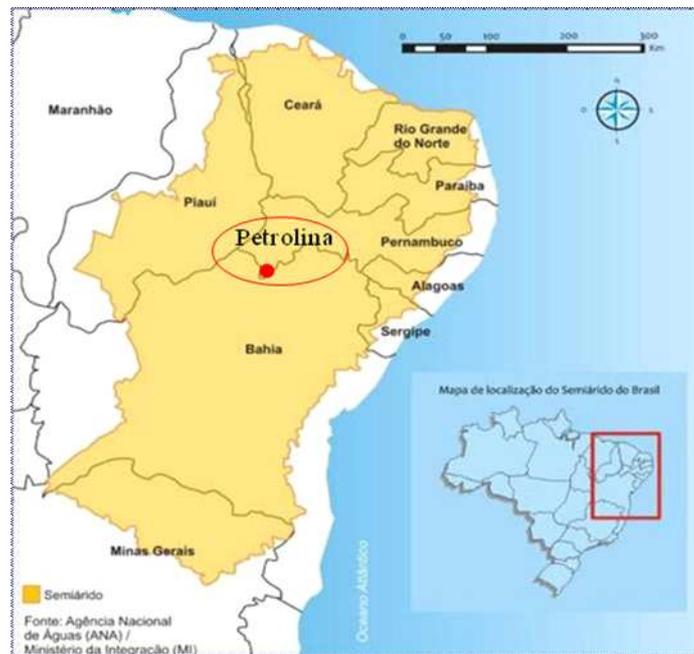
observado por Feijtel et al. (1989); Duarte, Ramos e Lima (1996); Miranda e Ferreira (1999).

O objetivo deste trabalho é investigar os processos pedogenéticos responsáveis pela diferenciação textural e alterações no horizonte A e B, por meio da caracterização micromorfológica, que possam explicar o adensamento observado a partir do horizonte B dos solos em estudo.

## Material e Métodos

### Localização da área em estudo

O estudo foi conduzido em solos localizados na Estação Experimental de Manejo da Caatinga, da Embrapa Semiárido e no Campo de Produção Sementes Básicas, da Embrapa Negócios Tecnológicos, nos Tabuleiros Sertanejos, município de Petrolina, Zona semiárida do estado de Pernambuco (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da área estudada, em Petrolina, PE.  
Fonte: ANA e MMI.

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 (AB'SABER, 1969; JACOMINE; CAVALCANTI; BURGOS et al., 1973; BRASIL, 1973; BURGOS; CAVALCANTI, 1988).

Nessa superfície, ligeiramente inclinada para o Rio São Francisco, foram estudados três perfis de solo, distribuídos numa topossequência, partindo do interior para as margens do Rio São Francisco (Figura 2).

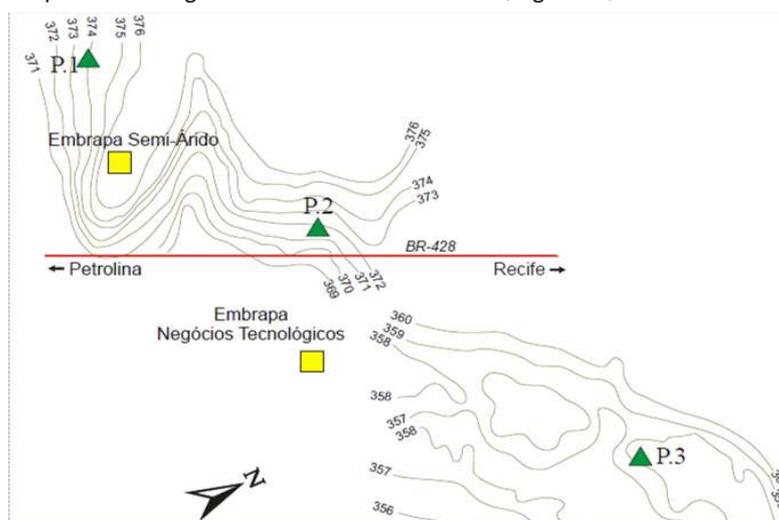


Figura 2. Situação planialtimétrica da área e distribuição espacial dos perfis na topossequência estudada. Desenho: Paulo Pereira.

## Campo

Foram selecionados três perfis de solo para a pesquisa. Esses perfis estão distribuídos numa sequência topográfica como ilustra a figura 2. O perfil 1 está localizado na parte mais alta (374 m) e mais preservada do tabuleiro; o perfil 2 está situado no terço médio (370 m), em uma área mais exposta e mais retrabalhada; e o perfil 3 ocupa uma situação de depressão (357 m), com restrição de drenagem. Pelo Sistema Brasileiro de Classificação de

Solos – Embrapa (1999), os perfis P1 e P2 estudados foram classificados como – Argissolos Amarelos Eutróficos abrupticos plínticos, textura média/argilosa, A moderado, fase pedregosa III, caatinga hiperxerófila, relevo plano; P3 – Planossolo nátrico Tb Sáfico típico, textura média/argilosa, A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.

Em cada local selecionado, foi aberta uma trincheira, na qual se procedeu a descrição morfológica e a coleta de amostras deformadas por horizontes, obedecendo às normas e critérios adotados por Santos (1988, 1989); Lemos e Santos (2005). Em cada perfil foram coletadas amostras indeformadas em caixas de Kubiena e torrões para os estudos micromorfológicos e em anéis volumétricos para determinação da densidade de solo, microporosidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Foram descritas as seguintes características morfológicas: tipo e espessura dos horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, transição e outras observadas nos perfis. A composição granulométrica foi determinada segundo Embrapa (1999).

### **Laboratório**

A confecção e descrição das lâminas delgadas foram efetuadas nos laboratórios de micromorfologia do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Amostras indeformadas, coletadas em caixa de Kubiena (10 x 6,5 x 5 cm) e na forma de torrões de solo, devidamente etiquetadas e orientadas, foram utilizadas para preparação de lâminas delgadas. Foi efetuada a impregnação do solo sob vácuo e com resina de poliéster na qual foi adicionada corante ultravioleta (Uvitex), segundo a metodologia descrita por Jongerius e Heintzberger (1963).

Após o endurecimento utilizou-se um sistema de lapidação automático tipo PM 2A da Logitech para desgaste das amostras impregnadas. Após essa operação, os blocos formados foram polidos, limpos e colados em lâminas de vidro com dimensões (11 cm x 7,5 cm). Foi efetuado novamente outro polimento para que os blocos atingissem a espessura de 30 mm. Finalmente, após a limpeza completa em cuba de ultra-som, as lâminas foram cobertas com uma lamínula de vidro (MURPHY, 1986). As lâminas delgadas foram estudadas mediante o uso de microscópio petrográfico Zeiss. As nomenclatu-

ras utilizadas nas descrições micromorfológicas foram as empregadas por Brewer (1976) e Bullock et al. (1985), e os termos em português, quando possível, foram utilizados de acordo com Santos (1991), Lima et al. (1985) e Luz, Santos e Mermut (1992).

As fotomicrografias foram obtidas através de câmera fotomicrográfica Zeiss MC 63 com controle de exposição automático Zeiss MC 63A, acoplado ao microscópio petrográfico. Nas legendas das micrografias, foram utilizadas as abreviaturas XPL para indicar que foram obtidas com nicóis cruzados (polarizador e analisador inseridos) e PPL quando apenas o analisador estava inserido.

## **Resultados e discussão**

### **Caracterização morfológica**

A caracterização dos perfis P1, P2 e P3 estão compiladas na tabela 1. São solos profundos, com espessura de horizontes variável, mas a profundidade dos solos não são diferentes significativamente (Figura 3). Porém, se observarmos a profundidade do solum (horizonte A + B), veremos que a mesma varia de acordo com seu posicionamento no relevo, sendo o P3, perfil da baixada, o mais profundo (165 cm +) por estar situado numa zona de maior acumulação. Os perfis P1 e P2 mostram, a partir dos 150 cm, exposição de material rochoso semintemperizado (horizontes C/R e Cr). Estes dois perfis apresentam uma linha de calhaus e cascalho mais ou menos a 80-100 cm de profundidade.

**Tabela 1.** Resumo da caracterização morfológica dos três perfis estudados.

Horizonte	Espessura (cm)	Cor Úmida <sup>1/</sup> Munsell	Textura <sup>2/</sup>	Estrutura <sup>3/</sup>	Consistência <sup>4/</sup>		
					Seca	Úmida	Molhada
<b>PERFIL 1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico (PAe)</b>							
A	0–15	7,5YR 4/4	fr. ar.	grs. sm. & fr. pq. gr. bl. sub.	d.	mfr.	npl. npeg.
AB	15–32	7,5YR 4/4	fr. ar.	Fr. md. pq. m. bl. sub.	d. md.	fr.	lig. pl. 1g. peg.
Bt 1	32–60	7,5YR 5/5, mq.p.pq.d. 2,5YR 3/6	fr. arg. ar. casc.	fr. md. M. bl. sub.	md.	fr. fm.	pl. peg.
Bt 2	60–82	7,5YR 5/6, mq.c.m.d. 2,5YR 3/6	arg. ar. casc.	fr. md. M. bl. sub.	md.	Mfm.	pl. peg.
Btf 1	82–130	7,5YR 5/6, mq.gr.ab.pr. 10YR 3/6 & 2,5YR 4/4	arg. mcas.	fr. pq. m. bl. sub.	md.	Fm.	-
Btf 2	130–150	10YR 5/6, mq.gr.ab.pr. 7,5YR 5/6 & 2,5YR 3/6	arg. ar. mcas.	fr. m. bl. sub.	md.	fr.	-
C/R	150–200+	micaxisto semi-intemperizado	arg. mcas	-	-	-	-
<b>PERFIL 2 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico (PAe)</b>							
A	0–18	10YR 4/3	areia franc.	fr. pq. m. bl. sub.	m.	m. fr.	npl. lig. peg.
AB	18–28	10YR 4/5	fr. ar.	fr. pq. m. bl. sub.	d.	Fr.	lig. pl. lig. peg.
Bt 1	28–45	10YR 4,5/6	fr. ar.	fr. pq. m. bl. sub.	d.	Fr.	lig. pl. lig. peg.
Bt 2	45–65	10YR 4,5/6, mq.p.pq.m.pr. 2,5YR 4/6	fr. arg. ar. casc.	fr. pq. m. bl. sub.	d.	Fr.	pl. peg.
Btf	65–105	10YR 4,5/6, mq.ab.pq.m.pr. 2,5YR 4/6	fr. arg. casc.	md. pq. m. bl. ang.	d.	fr. fm.	pl. peg.
Bt 3	105–120	10YR 4/6, mq.c.pq.m.dif. 10YR 4/3	fr. arg. mcas	md. m. bl. ang.	md.	Fm.	pl. peg.
Bt 4	120–150	10YR 4,5/6, mq.ab.m.pr. 10YR 6/1	arg. mcas	md. m. bl. ang.	md.	Fm.	mpl. mpeg.
Cr	150–170+	micaxisto semi-intemperizado	arg. mcas	-	-	-	-
<b>PERFIL 3 – PLANOSSOLO NÁTRICO (SNz)</b>							
A	0–18	10YR 4/3	areia franc.	fr. pq. m. bl. sub. & grs. sm.	lig.d.	mfr.	npl. npeg.
E	18–32	9YR 4/4	fr. ar.	fr. pq. m. bl. sub.	lig.d.	mfr.	npl. npeg.
Btzn 1	32–53	10YR 4/5, mq.ab.m.d. 5YR 4/6	fr. arg. ar.	fr. gr. mtg. c. & fr. md. m. bl. ang.	md.extd.	mfr.	pl. peg.
Btzn 2	53–80	10YR 5/6, mq.p.pq.m.d. 10YR 6/2	fr. arg. ar.	fr. gr. mtg. c. & fr. m. bl. ang.	extd.	mfr.	pl. peg.
Btzn 3	80–150	10YR 7/2, mq.ab.m.pr. 10YR 5/6	fr. arg. ar.	fr. gr. mtg. c. & md. m. gr. bl. ang.	extd.	mfr.	pl. peg.
Cn	150–165+	10YR 5/6, mq.ab.m.pr. 10YR 7/2 & mq.c.pq.m.pr. 5YR 4/5	fr. arg. ar.	fr. gr. mtg. c. & fr. m. gr. bl. ang.	extd.	mfr.	pl. peg.

<sup>1/</sup> mq.- mosqueado; ab.- abundante; m.- médio; d- distinto; pr.- proeminente; pq.- pequeno; c.- comum; p.- pouco; md.- moderado; gr.- grande; dif.- difuso.

<sup>2/</sup> fr. franco; arg. argila; ar – arenoso; mcas – muito cascalhento; cas – cascalho; franc.-franca

<sup>3/</sup> fr.- fraca; pq.- pequena; m.- média; bl.- blocos; sub.- subangulares; grs.- grãos; sm.- simples; gr.- grande; mtg.- muito grande; c.- colunar; ang.- angulares; ft.- forte; md.- moderada; mtd.- muito duro.

<sup>4/</sup> lig.- ligeiramente; d.- duro; mfr.- muito friável; md.- muito duro; extd.- extremamente duro; fm. – firme; mfm. – muito firme; npl.- não plástico; npeg.- não pegajoso; pl. plástico; peg.- pegajoso; m – maci.

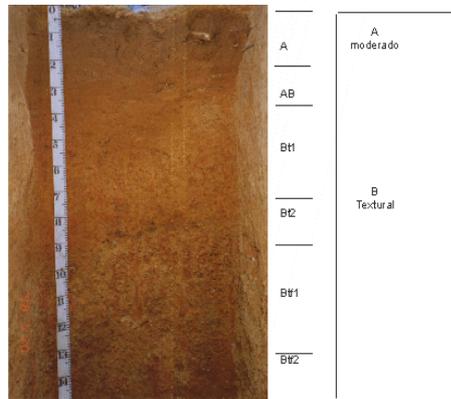


Figura 3a. Perfil 1 (PAe).

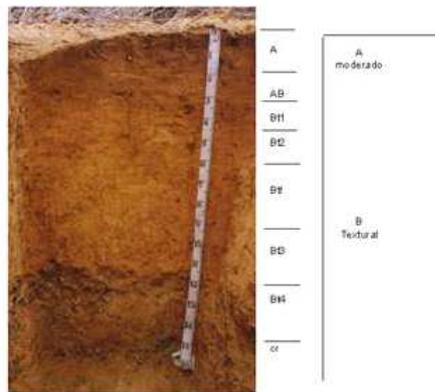


Figura 3b. Perfil 1 (PAe).

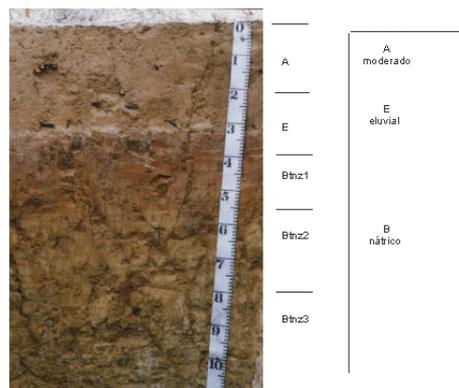


Figura 3c. Perfil 1 (PAe).

A presença de cascalhos e calhaus, nos horizontes subsuperficiais dos perfis P1 e P2, pode representar ciclos distintos de transporte e sedimentação, com energia diferente e/ou terem sido transportados concomitantemente, com sedimentação diferencial das frações grosseiras.

Os perfis P1 e P2 apresentam sequência de horizontes A, AB, Bt, Btf e C, com subdivisões no Bt, Btf. Os horizontes Btf denotam a presença marcante de plintita nestes solos. O perfil P3 apresenta horizonte E e Btnz, conferindo ao mesmo caráter sódico sálico. O horizonte E constitui-se em horizonte eluvial, não satisfazendo os requisitos de espessura, croma e valor para ser denominado de álbico (Embrapa, 1999). Este precede o horizonte B plânico, apresenta cor clara, quando seco, e transição abrupta para o B.

Os horizontes dos três perfis apresentam cores nos matizes 7,5 e 10YR com valores e cromas altos. Os perfis P1 e P2, quando secos, exibem cores em tons amarelo-brunado (Figura3), o que também reflete a posição dos mesmos na paisagem, compatível com a drenagem de moderada a imperfeita. Já o P3 é predominantemente acinzentado refletindo as condições de saturação do solo com água, bem como a redução do ferro. É comum nos três perfis a presença de mosqueados intensos, sendo que o P3 apresenta coloração mais acinzentada, confirmando a condição de que este é muito mal-drenado que os outros dois.

A sequência textural é muito semelhante para os três perfis, sendo o horizonte superficial (A) franco arenosa no P1 e areia franca no P2 e P3 (Tabela 2) e franco arenosa, nos horizontes intermediários, nos três perfis (AB e E). Nos horizontes B, comparando os três perfis, houve acréscimo de argila com a profundidade, constituindo-se no primeiro indicativo de translocação, conferindo aos mesmos classe textural que oscilaram entre franco argilo arenosa e argila.

A estrutura é fraca pequena à média blocos subangulares nos horizontes superficiais, passando para fraca à moderada pequena à média blocos subangulares e moderada à pequena média blocos angulares nos subsuperficiais. O perfil 3 se diferencia dos perfis 1 e 2 por apresentar

estrutura fraca grande a muito grande colunar composta de fraca à moderada média blocos angulares (Tabela 1).

Os horizontes superficiais apresentam-se macios ligeiramente duros a duros (P2) e muito friável, não plástico, ligeiramente pegajoso/não pegajoso, passando nos horizontes subsuperficiais a duro/muito duro ou extremamente duro (P3), friável/firme a muito firme, plásticos e pegajosos. A transição entre o horizonte A e B varia de clara e plana (P1)/gradual e ondulada (P2) a abrupta e ondulada no P3.

### **Caracterização física**

A composição das frações grosseiras (> 2,00 mm), mostradas na tabela 2, indica a presença de calhaus e cascalhos, em sua maioria constituído 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 fração areia é predominante nos três perfis. A fração argila (Tabela 2) aumenta em profundidade nos três perfis estudados, resultando em um gradiente textural, razão B/A que varia de 3,0 a 4,0, caracterizando a eluviação de argilas e a presença do horizonte B textural. O incremento acentuado da distribuição da proporção da relação argila fina/argila total com a profundidade confirma a presença de iluviação de argila e formação do B textural. Os valores de silte (Tabela 2) apresentam distribuição um tanto irregular, com certa tendência de aumento nos horizontes B. Em geral, os valores da relação silte/argila são mais altos nos horizontes superficiais, provavelmente devido à perda de argila na superfície por eluviação ou dissolução.

**Tabela 2.** Distribuição granulométrica dos três perfis estudados (média de três repetições).

Símbolo	Horizonte profundidade cm	Fração Grosseira			Composição granulométrica			Relação silte/argila	Classe Textural <sup>4/</sup>
		calh. <sup>1/</sup>	casc. <sup>2/</sup>	TFSA <sup>3/</sup>	Areia	silte	argila		
<b>Perfil 1 - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico (PAe)</b>									
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.
<b>Perfil 2 - ARGISSOLO AMARELO Eutrófico (PAe)</b>									
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.
Bt1f	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.
<b>Perfil 3 - PLANOSSOLO NÁTRICO (SNz)</b>									
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
Btzn1	32 - 53	0	0	1000	508	201	291	0,69	fr. argila arenosa
Btzn2	53 - 80	0	0	1000	603	83	314	0,26	fr. argila arenosa
Btzn3	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; mcas-muito cascalhenta

## Descrição das lâminas delgadas dos principais horizontes dos três perfis estudados

A similaridade macromorfológica, física, química e mineralógica entre os perfis dos solos estudados, principalmente entre P1 e P2, também é constatada a nível micromorfológico. Tais características serão abordadas, ressaltando-se as diferenciações eventualmente observadas nos principais horizontes que compõem os perfis.

A organização dos componentes matriciais nos horizontes A é caracterizada por apresentar padrão de distribuição relacionada do tipo quito-enáulica

(STOOPS; JONGERIUS, 1975), ou seja, a massa fina (plasma) em parte reveste as frações grosseiras e em parte preenche parcialmente os espaços vazios entre essas frações (Figura 4a). No P3, em algumas partes da lâmina, ocorre textura mista complexa denominada por estes autores de quitonênúlica. As frações grosseiras, constituídas basicamente de quartzo, apresentam formas arestadas e desarestadas com baixa esferecidade. Foram também observados minerais opacos pretos, provavelmente feldspatos (microclina), turmalina e filamentos de mica (biotita) em vários graus de intemperização. Quando intemperizados, esses filamentos de biotita formam feixes de domínios de argila, com manifestação de anisotropia ótica de forma. O plasma tem coloração bruno-escuro, no P1 e P3, caracterizando associação com a matéria orgânica, comum aos horizontes superficiais dos solos. No P2, o plasma apresenta-se com coloração bruno-acinzentado. A porosidade predominante é do tipo empacotamento simples e complexo, mas são comuns os canais e algumas cavidades ("Vughs").

Como feição pedológica, são observados, quase sempre, nestes canais, restos de raízes em decomposição, pelotas fecais de animais do solo, especialmente térmitas (P3), e a presença de poucos e pequenos nódulos concrecionários de ferro, com plasma vermelho-escuro, semi-arredondados (P1 e P3) e com tamanhos variando entre 1 a 4 mm (P1). Neste plasma, estão imersos grãos de quartzo similares aos encontrados na matriz do solo. Alguns destes nódulos (P3) apresentam também espaços vazios.

Nos horizontes Bt, a argila forma um plasma amarelo-avermelhado no P1, amarelo-brunado no P2, uniformemente distribuído, onde estão embebidas as frações grosseiras. Esta organização matricial corresponde à textura (trama) porfírica, segundo Stoops e Jongerius (1975) (Figura 4b). A porosidade, principalmente constituída de canais e cavidades, apresenta-se em algumas partes da lâmina com preenchimento não muito espesso de argila iluvial. Essa argila apresenta-se na forma de argilãs de cor amarela e sem laminações aparentes, mas com forte manifestação de anisotropia ótica de forma, constituindo os designados argilãs, provavelmente caulinitãs (Figura 4c), conforme Brewer (1976). No P2, muitos destes canais estão ainda preenchidos com pedaços de raízes em vários estágios de decomposição, sendo comum a

presença de pelotas fecais de térmitas. As frações grosseiras são similares em forma, grau de esferecidade e composição às do horizonte suprajacente. Verifica-se, no entanto, uma maior quantidade de minerais opacos pretos (P2) e a presença, no P1, de vários nódulos de ferro com dimensões variando entre 1 mm e 3 mm e, poucos no P2 variando entre 0,1 cm e 0,3 cm. Estes nódulos apresentam formas e constituição similares aos vistos no horizonte A. No horizonte Bt1 do P1 são observados alguns domínios de argila, pequenos, multidirecionados e com manifestação de anisotropia ótica, imersos na massa fina (plasma) do solo. Correspondem a formação "in situ" de argilas a partir da intemperização de feixes de biotita.

Outros feixes de biotita ou mesmo grãos semiarestados são vistos neste horizonte (Bt1 do P1), com baixo grau de intemperização. No Bt3 do P2 a quantidade de biotita em vários graus de intemperização, é maior e sempre entremeada por frações grosseiras constituídas de quartzo (Figuras 4d e 4e). Em muitos trechos da lâmina do Bt3 do P2 a biotita esfoliada aparece contorcida, possivelmente pelo efeito de estresse causado por expansões e contrações da massa do solo (Figuras 4f e Figura 4g). Inexiste, neste horizonte, qualquer vestígio de iluviação de argila. É interessante registrar, neste horizonte e nesta profundidade (105 cm a 115 cm), a presença de restos de raízes em decomposição com presença de pelotas fecais de térmitas por entre as esfoliações da biotita (Figuras 4h e 4i).

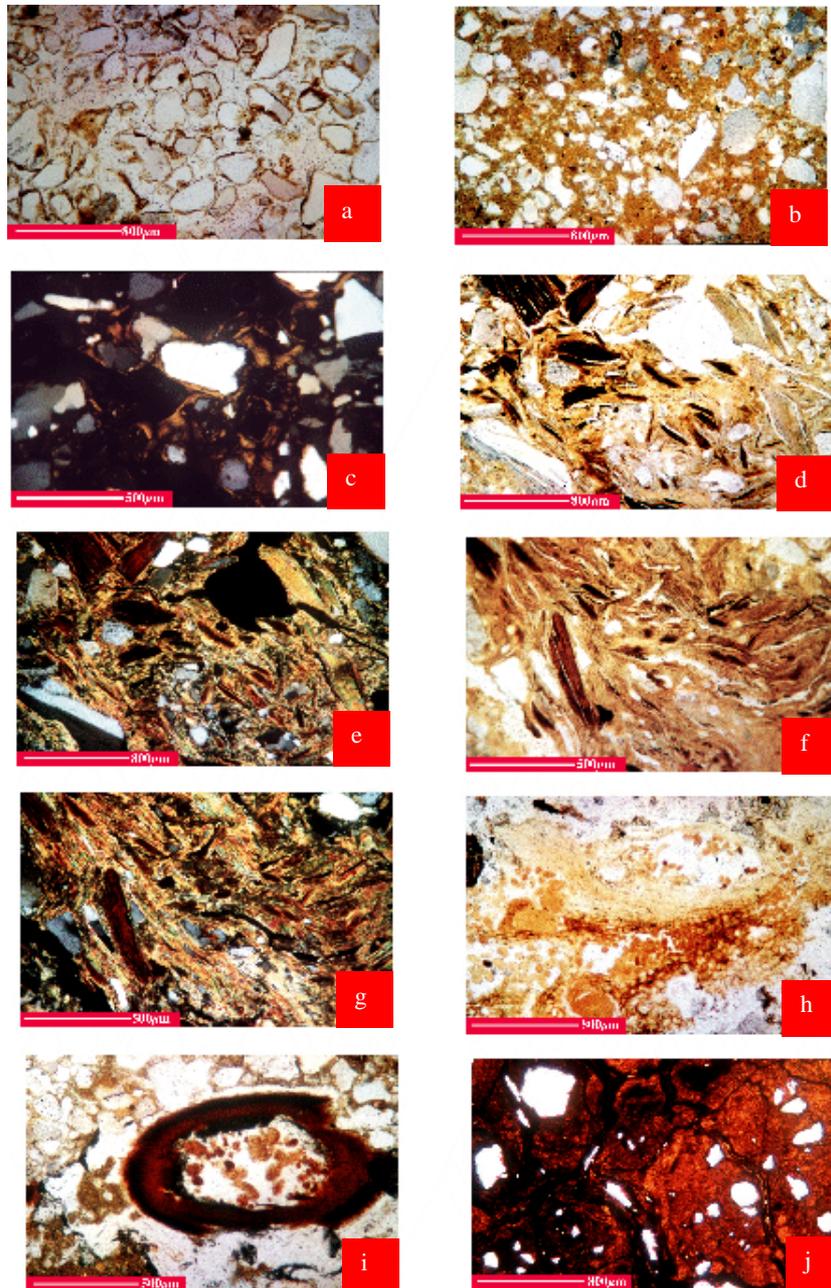
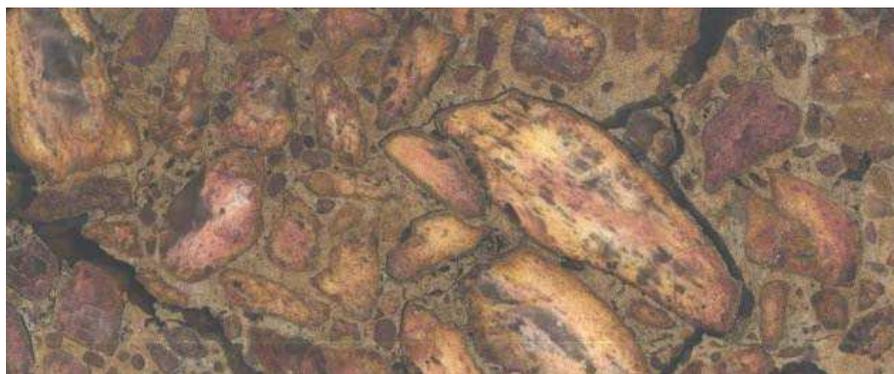


Figura 4. Fotomicrografias de lâminas delgadas.

### Legenda das fotomicrografias

- a. Perfil 1, horizonte A. Frações grosseiras, arestadas ou não, constituídas basicamente de quartzo. Os materiais finos, complexação de argila com matéria orgânica, revestem total ou parcialmente as frações grosseiras ou preenchem de forma incompleta os espaços entre elas. Disposição dos constituintes matriciais caracteriza o padrão de distribuição relacionada (contextura/trama) do tipo quito-enáulica (PPL).
- b. Perfil 1, horizonte Bt1. Frações grosseiras totalmente embebidas em plasma amarelo-avermelhado, constituindo o padrão de distribuição relacionada ou contextura (trama) porfírica. (PPL).
- c. Perfil 1, horizonte Bt1. Argila iluvial, preenchendo parcialmente poros dos tipos cavidade e canal, com forte manifestação de anisotropia ótica de forma e extinção. (XPL).
- d. Perfil 2, horizonte Bt3. Grande quantidade de biotitas em vários estágios de intemperização. Observa-se que muitos destes fragmentos de biotita estão encostados às paredes de poros do tipo canal. Estas biotitas, quando intemperizadas, formarão argilas orientadas, com manifestação de anisotropia ótica de forma que poderão ser confundidas com argilãs de iluviação. (PPL).
- e. Perfil 2, horizonte Bt3. Micrografia, similar a anterior (d), tomada com nicois cruzados. Observa-se o avançado estágio de intemperização de biotitas em contacto com as paredes de poros do tipo canal. (XPL).
- f. Perfil 2, horizonte Bt. Grande quantidade de biotitas em diversos estágios de intemperização. Muitas destas biotitas apresentam-se contorcidas, provavelmente, como resultado de atividades de expansão e contração da massa do solo (PPL).
- g. Perfil 2, horizonte Bt. Micrografia similar à anterior (f), tomada com nicois cruzados. (XPL).
- h. Perfil 3, horizonte A. Restos de tecidos vegetais em decomposição, observando-se grande quantidade de pelotas fecais de térmitas. (PPL).
- i. Perfil 3, horizonte A. Tecido de raiz em decomposição. Observam-se dois tipos de pelotas fecais de animais do solo, sendo um tipo nitidamente de térmitas. (PPL).
- j. Perfil 2, horizonte Bt4. Forte impregnação de ferro nas áreas de mosqueamento, com grãos de areia constituídos de quartzo e com coloração mais clara em direção as suas partes mais externas. (PPL).

O horizonte Bt4 do P2 é caracterizado pela presença de grande quantidade de frações grosseiras de cascalhos, calhaus e nódulos concrecionários de ferro. Verifica-se que muitas destas frações de cascalho e calhaus são constituídas de quartzo policristalino, com extinção reta a ligeiramente ondulada, bastante característico de sua origem metamórfica. Por entre estas frações mais grosseiras de calhaus de quartzo, há uma enorme quantidade de nódulos concrecionários de ferro, arredondados ou alongados, com dimensões variando entre 0,2 cm e 0,7 cm (Figura 5). Quase todos os nódulos apresentam um plasma interno vermelho-escuro e frações grosseiras, na granulometria da areia, constituídas de quartzo. Embora a maioria destes nódulos apresente um plasma que vai progressivamente ficando mais claro em direção as suas partes mais externas (Figura 4j), esta tendência não se manifesta internamente em alguns deles. Foram constatados também nódulos com periferia, ou apenas parte da periferia, exibindo microlaminações com faixas paralelas em alternância de vermelho mais claro e mais escuro. Toda essa mistura, de cascalhos e calhaus de quartzo e concreções de ferro, está embebida em um plasma bruno-amarelado formando uma típica contextura matricial do tipo porfírica (STOOPS; JONGERIUS, 1975). Neste plasma, apenas se destacam domínios de argila com manifestação de anisotropia ótica de forma, com morfologia alongada como pequenos filamentos, certamente correspondendo a produção "in situ" de argila pela esfoliação e intemperização de feixes de biotita, como já observado em horizontes suprajacentes.



**Figura 5.** Imagem do bloco impregnado correspondente ao horizonte Bt4 do Perfil 2. Verifica-se a grande quantidade de cascalhos e calhaus de quartzo, arestados ou não, imersos na matriz do solo, onde também são vistos inúmeros nódulos concrecionários de ferro. A figura mantém as dimensões originais.

As lâminas correspondentes aos horizontes Btf tanto do P1 como do P2 têm características micromorfológicas similares. Há uma grande representatividade das manchas plínticas, principalmente no P1, entremeadas por nódulos concrecionários (Figura 6), nestes horizontes. Estes nódulos com formas predominantemente arredondadas são bem maiores que os vistos nos horizontes suprajacentes, variando entre 0,3 cm e 1,5 cm de diâmetro.

Alguns nódulos mostram início de fragmentação e/ou dissolução em suas periferias, tornando-se simultaneamente mais claros (Figuras 7k e 7l). Dentro das manchas plínticas do P2, observa-se também uma grande quantidade de canais e cavidades preenchidos, parcial ou totalmente, por argila de natureza iluvial (Figura 7m e 7n). Estes preenchimentos, argilãs, diferem dos vistos na matriz do solo, fora dos mosqueados plínticos, por se apresentarem crescentiformes e com nítidas laminações (Figuras 7o e 7p). Estas laminações exibem cores amarelo e vermelho (sanguíneo) tipicamente, o que Brewer (1976) designa de argilãs-ferrãs, ou mais especificamente ainda, caulinitãs-hematãs. Estes argilãs-ferrãs são também cerca de três a quatro vezes mais espessos que os observados na matriz do solo fora das manchas plínticas. Verificam-se também, nestes horizontes, canais longos e bifurcados, preenchidos com restos de raízes decompostas e com coloração preta, muito provavelmente correspondendo ao que Bal (1973) designa de feições melanóticas. Segundo o autor, essas feições são atribuídas à decomposição de resíduos orgânicos vegetais por fungos. No perfil 3, horizonte E, tem características micromorfológicas similares às descritas para os horizontes A. Os horizontes Btnz apresentam padrão de distribuição relacionada dos seus constituintes matriciais do tipo porfirica de Stoops e Jongerius (1975).



**Figura 6.** Imagem da lâmina correspondente ao horizonte Btf1 do Perfil 1. Verifica-se grande quantidade de nódulos concrecionários de ferro e de manchas plínticas. A figura mantém as dimensões originais.

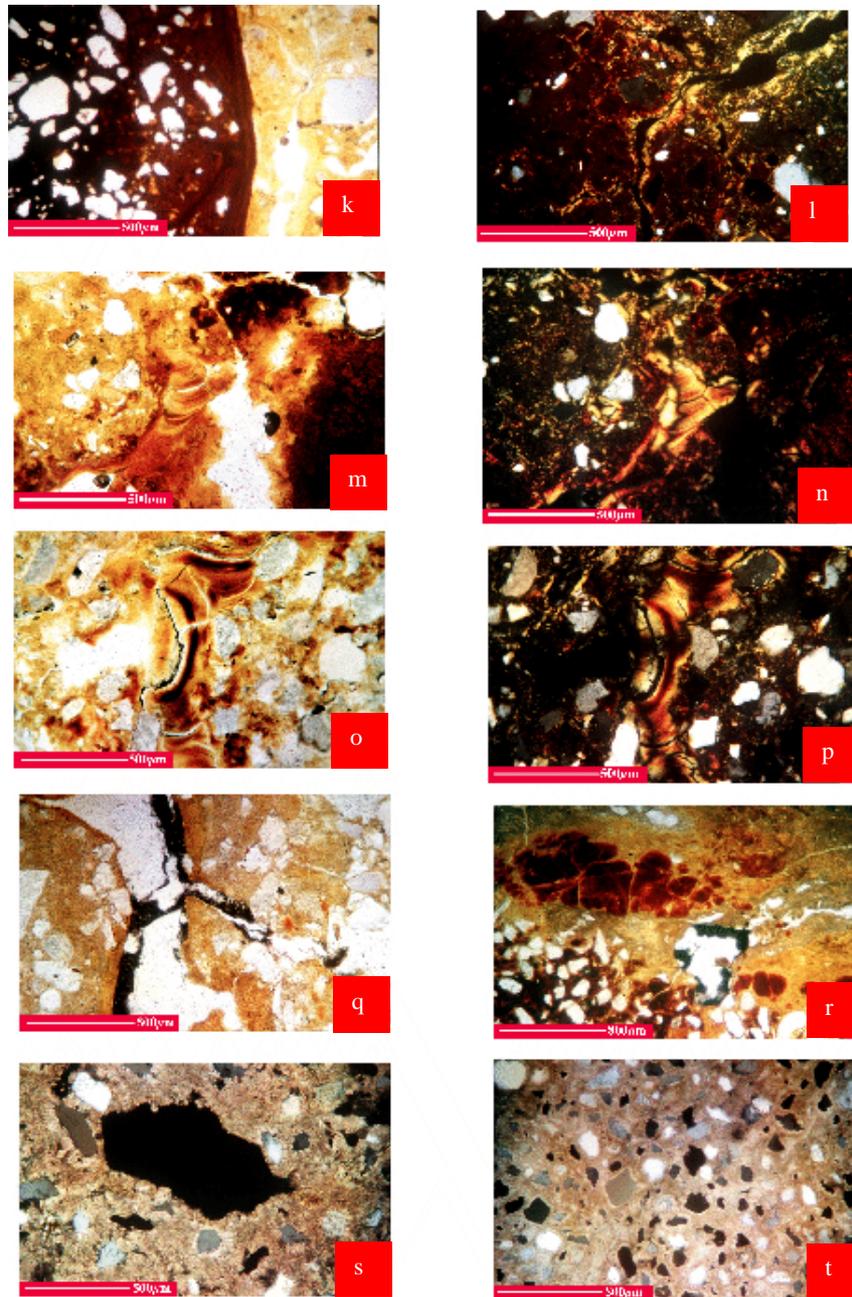


Figura 7. Fotomicrografias de lâminas delgadas.

## Legenda das micrografias

- k. Perfil 1, horizonte Btf1. Nódulo concrecionário de ferro contendo materiais grosseiros similares aos da matriz do solo. Observa-se o núcleo mais escuro, clareando em direção à periferia. (PPL).
- l. Perfil 1, horizonte Btf1. Canal com domínios de argila apresentando intensa manifestação de anisotropia ótica de forma. A presença de pseudomorfo de biotita, liberando ferro, nas proximidades do canal e a condição destes ditos revestimentos parecerem situados mais na matriz do solo do que como reais revestimentos ou preenchimentos do poro, conduzem a interpretação dos mesmos como argilãs de intemperização e não de iluviação. (XPL).
- m. Perfil 1, horizonte Btf1. Canal com preenchimento de argila de natureza iluvial. Observam-se microlaminações crescentiformes características de alternância entre iluviações de argilas silicatadas e oxídicas em uma típica disposição argilãs-ferrãs (Brewer, 1975).(PPL).
- n. Perfil 1, horizonte Btf1. Micrografia, similar a descrita em (m), tomada com o polarizador e analisador inseridos (nicóis cruzados). Observam-se as fortes extinções típicas da anisotropia ótica de forma.(XPL).
- o. Perfil 2, horizonte Btf. Canal com preenchimento de argila de natureza iluvial. Observam-se as microlaminações crescentiformes características de alternância entre iluviações de argilas silicatadas e oxídicas, em uma típica disposição argilãs-ferrãs (Brewer, 1975), e uma certa fragmentação destes argilãs, provavelmente devido a atividades de expansão e contração da massa do solo. (PPL).
- p. Perfil 2, horizonte Btf. Micrografia, similar a anterior (o), tomada com nicóis cruzados. Observam-se extinções típicas da anisotropia ótica de forma.(XPL).
- q. Perfil 3, horizonte Btnz1. Tecido de raiz em avançado estágio de intemperização. O caráter enegrecido da decomposição sugere o que Bal (1973) designa de feição melanótica, sendo o resultado do ataque de resíduos vegetais por fungos. (PPL).
- r. Perfil 3, horizonte Btnz1. Manchas plínticas. Observam-se dois tipos de manchas. As mais escuras apresentam fragmentação e cores mais claras em direção à periferia. As de coloração vermelho sanguíneo mais parecem pseudomorfo de biotita. Verifica-se também nesta micrografia grande canal preenchido com feições melanóticas e materiais matriciais escurecidos, provavelmente por compostos orgânicos liberados pelo ataque de fungos às raízes. (PPL).
- s. Perfil 3, horizonte Btnz3. Carbonato de cálcio reprecipitado, na forma de calcita micrítica, em volta de grande poro do tipo canal. (XPL).
- t. Perfil 3, horizonte Btnz3. Carbonato de cálcio reprecipitado, na forma de calcita micrítica, impregnando a matriz do solo. (XPL).

No horizonte Btnz1, apesar das frações grosseiras serem similares em morfologia e composição às dos horizontes A e E, estão embebidas em um plasma mais denso e contínuo, com coloração bruno-amarelado-claro. Os espaços vazios são basicamente poros dos tipos canal e cavidade (“vughs”) e raras câmaras. Grande parte destes canais dispõe-se de forma contínua com bifurcações, sendo parcialmente preenchidos com restos de raízes decompostos, exibindo caráter isotrópico com cor preta (Figura 7q). Provavelmente, esses resíduos enegrecidos correspondem às chamadas feições melanóticas de Bal (1973), sendo atribuídas à decomposição da matéria orgânica por fungos.

A feição pedológica mais marcante na lâmina deste horizonte é a presença de grande quantidade de argila iluvial, expressa na forma de revestimentos típicos de canais e cavidades segundo interpretação de Bullock, et al. (1985), ou argilãs de canal e cavidades pela terminologia de Brewer (1976). Esses revestimentos ou argilãs são bastante variáveis, sendo sempre microlaminados e crescentiformes, mas, alternando a sequência, espessura e coloração destas microlaminações. Dessa forma, ocorrem predominantemente os amarelos, provavelmente compostos de caulinita (caulinitãs). Todavia, também ocorrem os vermelhos sanguíneos de hematitas (hematãs), ou ainda alternância entre caulinita e hematita (caulinitãs-hematãs). As manchas do mosqueamento plíntico apresentam-se complexas quando comparadas com as descritas nos outros solos. Em alguns trechos da lâmina, são nitidamente pseudomorfos de biotita, de coloração vermelho sanguíneo, não contendo frações grosseiras de quartzo internamente (Figura 7r). Outras manchas exibem o vermelho mais escuro no centro e mais amarelado na periferia, como observado predominantemente nos outros perfis, havendo, ainda, áreas com intensa mistura dos dois tipos. Inúmeros domínios de argila com intensa manifestação de anisotropia ótica são vistos, especialmente, dentro das manchas plínticas. São variáveis em morfologia, sendo contínuos e longos, curtos e fragmentados e multidirecionados. Estes domínios não correspondem à iluviação de argila, mas constituem o que Mermut e Pape (1970) chamam de argilãs de intemperização, sendo, neste caso, produtos da alteração de biotitas com intensa liberação de ferro. Em muitas áreas da lâmina há uma nítida mistura destes domínios de argila, quer sejam provenien-

tes de iluviação ou intemperização, formando como que pápulas contudo, nesse caso, representando a ação da massa do solo por movimentos de expansão e contração. Observa-se a quase inexistência de nódulos concrecionários de ferro. Foram apenas constatados poucos e muito pequenos, com cerca de 0,05 mm de diâmetro, do tipo típico de Bullock et al. (1985), ou seja, com plasma interno uniforme e sem inclusão de frações grosseiras ou espaços vazios, tal como descritos por Bullock et al. (1985). Característica bastante interessante é observada na matriz do solo em áreas em volta dos poros do tipo canal (Figura 7r), apresentando coloração mais esmaecida (acinzentada) e, por vezes, com nuanças de coloração mais escura. Parecem indicar que em volta destes canais, ao mesmo tempo em que há perda de compostos de ferro (lixiviação), há invasão de compostos orgânicos resultantes da decomposição de raízes. Observam-se, ainda, em muitos destes canais, restos de raízes em estágio incipiente de decomposição e as feições melanóticas acima mencionadas.

O horizonte Btnz2, do P3, apresenta bem menos áreas com mosqueamentos do que o horizonte Btnz1 e, quando ocorrem, são impregnações apenas ligeiramente mais avermelhadas que o plasma matricial de cor bruno-amarelado, provavelmente, representando um estágio já avançado de dissipação dos mosqueados plínticos observados em horizontes subjacentes. Também não há muitas evidências de argila iluvial. Os inúmeros poros dos tipos canal e cavidade não são preenchidos com argila iluvial. Todavia, apenas apresentam hipo-revestimentos que mais aparentam argilãs de intemperização de biotitas. Pequenos feixes de biotita quase que intactos podem ser vistos esparsos e multidirecionados em várias partes da lâmina. Ainda, é considerável o número de raízes em vários graus de decomposição, mas não se observam as feições melanóticas. Também não foram observadas as áreas lavadas (lixiviadas) em volta dos canais. Identificou-se apenas dois nódulos concrecionários de ferro com 0,3 a 0,6 cm de diâmetro. São alongados, com plasma vermelho escuro englobando inúmeros grãos de quartzos similares aos da matriz do solo.

No horizonte Btnz3 do P3, o plasma é, na maior parte da lâmina, acinzentado e, em outras, bruno-amarelado. Na profundidade entre 86 cm e 96 cm, foram

verificadas áreas esparsas com formatos variados e tamanhos aproximados entre 0,1 cm e 1 cm, de calcita micrítica, formando a típica textura de birrefringência ("b-fabric") cristalítica de Bullock et al. (1985). É intrigante a presença desta calcita no meio da matriz destes solos uma vez que não há evidências da presença de calcáreo ou mesmo de minerais como feldspatos ricos em cálcio. Tais concentrações de calcita ocorrem na matriz do solo com limites bem pronunciados, tanto em volta de cavidades (Figura 7s) quanto impregnando a matriz do solo; neste último caso não associado a qualquer tipo de porosidade (Figura 7t). Essa distribuição esparsa das concreções de calcita sugere que sejam pseudomorfos de algum mineral rico em cálcio e que, se houve dissolução e reprecipitação, o transporte foi feito a curta distância no perfil do solo. Nenhum vestígio de tais reprecipitações de cálcio foi visto nas demais lâminas nos três perfis estudados. Na profundidade entre 145 cm e 155 cm, as áreas mosqueadas são mais evidentes com as manchas, apresentando limites quase tão pronunciados quanto em um nódulo concrecionário, mas sem as formas arredondadas e alongadas típicas dos nódulos. O plasma interno destas manchas é bastante uniforme e vermelho-amarelado. Observam-se internamente inúmeros canais com preenchimento de argila iluvial microlaminada, em uma típica alternância argilãs/ferrãs, bem como uma grande quantidade de grãos de quartzo do tamanho de areia, similares aos da matriz do solo. Fora das manchas plínticas, estes argilãs e, principalmente, ferrãs ocorrem em quantidade bem menos significativas.

## **Pedogênese e classificação dos solos**

### *Pedogênese*

A acumulação das frações grosseiras como calhaus, cascalhos e areia muito grossa na base dos perfis P1 e P2 e a diferença na distribuição granulométrica do horizonte Bt para o C, no perfil P2, indicam a deposição de sedimentos do Terciário-Quaternário sobre o embasamento cristalino, conforme descrito na literatura (AB'SABER, 1969; JACOMINE; CAVALCANTI; BURGOS et al., 1973; BRASIL, 1973; BURGOS; CAVALCANTI, 1988).

O transporte e deposição das frações grosseiras sugerem evento de relativa alta energia nos horizontes subsuperficiais em relação às frações mais finas encontradas nos horizontes superficiais. Essa diferença pode estar relaciona-

da a eventos sedimentológicos diferentes ou deposição contemporânea, com sedimentação diferencial das partículas de diferentes tamanho e peso.

Ainda, com relação ao material de origem dos solos, observa-se que nessa camada de cascalho e calhaus de quartzo dos perfis P1 e P2, estes cascalhos e, especialmente, os calhaus, são predominantes semi-arestados e entremeados por nódulos concrecionários de ferro, similares aos da parte superior do perfil. Por entre estes materiais grosseiros, há um plasma em que estão imersos fragmentos de mica, não havendo evidências de eluviação de argilas. Essas características parecem indicar que a camada representa a intensa mistura proveniente, tanto dos sedimentos que caracterizam a grande área pedimentar da região, quanto de alguns produtos do embasamento cristalino subjacente.

Algumas tendências evolutivas ao longo dos perfis podem ser tomadas como indícios dessa intensa mistura do material. A concentração de feixes de mica semi-intemperizados, que embora ocorram em quantidades diferentes nos três perfis, têm a mesma tendência de diminuir na direção dos horizontes superiores. A conformação e características do plasma dos compostos de ferro, nos três perfis, mostram tendências de fragmentação/dissolução parecendo indicar que nódulos de ferro já estavam presentes no material de origem e/ou foram formados em etapa inicial da pedogênese e que, posteriormente, sofreram fragmentação/dissolução progressiva crescente na direção dos horizontes superiores. As manchas plínticas são indicativas de processos de oxidação e de retrabalhamento dos compostos de ferro nos perfis estudados.

A homogeneidade dos materiais sedimentados é, também, confirmada pelas caracterizações macromorfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas, que apresentam similaridade nos perfis estudados.

Algumas diferenças entre os três perfis provavelmente refletem tanto a mistura de materiais transportados, quanto as diferenciações impostas pelas condições de drenagem subordinadas ao posicionamento dos solos no relevo. O perfil 1, em posição mais elevada, é melhor drenado, e o perfil 3, na baixada, o de drenagem mais restrita, ficando em condições de

encharcamento por um período do ano. No perfil 3, são evidentes, macro e micromorfológicamente, as consequências de exposição a condições de redução como cores mais claras e acinzentadas por remoção de ferro.

A eluviação-iluviação da argila, apesar de não determinante, contribui com a diferenciação das características dos horizontes superficiais em relação aos subsuperficiais e no adensamento dos horizontes subsuperficiais. Nos perfis 1 e 2, o maior índice de iluviação (cerca de 3% argilãs) ocorre aproximadamente aos 100 cm, diminuindo após essa profundidade, como constatado no perfil 2. Já no perfil 3, mal drenado, a iluviação é menos intensa (1,5% de argilãs), ocorrendo em profundidades menores, em torno dos 30 cm. Dentro e nas imediações dos mosqueamentos plínticos (rever e pardronizar termo, mosqueamento é diferente de plintita), podem ser vistas alternâncias entre períodos de iluviação de argilas caulínticas e oxídicas. Essa condição parece dar suporte à hipótese acima comentada sobre a dissolução desses mosqueamentos na matriz do solo.

A migração de ferro, silício e alumínio dos horizontes superficiais para subsuperficiais, juntamente com a argila, com posterior organização em volta das partículas do solo ou preenchendo poros, é um dos processos mais atuantes na formação de adensamento. Esses elementos, juntamente com a presença dominante da caulinita, parecem constituir os agentes cimentantes responsáveis pela gênese desses horizontes.

Outro processo, provavelmente, atuante no perfil 3 é a ferrólise, indicada pela perda superficial da argila e formação de horizonte eluvial ácido. A análise micromorfológica, entretanto, não confirma a ação de ferrólise.

A salinização no P3 detectada, através dos altos valores da condutividade elétrica e saturação por sódio, conduz-nos a pensar num processo de cimentação ao invés de simples adensamento, refletindo numa consistência muito dura e extremamente dura dos subhorizontes.

É possível que a dispersão de argila associada a predominância das frações areia fina (P1 e P2) e muito fina (P3) estejam colaborando com a formação

desse adensamento. Os ciclos alternados de umedecimento e secagem a que estes solos estão submetidos, atuando continuamente sobre estas frações, proporcionam às mesmas um estado de orientação e de proximidade tal, que influi nos acentuados valores da densidade do solo destes perfis. Os fluxos de água lateral (água que permanece na superfície antes de percolar) e basal (qualquer oscilação do lençol freático perto da superfície), que são provenientes destes ciclos de umedecimento e secagem, provavelmente contribuem também para formação de horizontes adensados, devido ao suprimento de água abundante, nos períodos chuvosos, provocando rearranjo estrutural.

## Conclusões

Os três perfis parecem ser derivados do mesmo material de origem, tratando-se de sedimentos Pós-Cretáceo, transportados a curta distância e caracterizados por intensa mistura com resíduos de rochas cristalinas do Pré-Cambriano do embasamento, provavelmente influenciados por materiais de antigos terraços fluviais do Rio São Francisco.

Diferenciações entre os três perfis foram impostas por seus posicionamentos no relevo, que condiciona diversidade de processos de formação, e da heterogeneidade natural (mistura) do tipo de material de origem do qual se formam.

Indícios micromorfológicos dão suporte à hipótese das concreções de ferro existentes nos três perfis de solo provirem dos materiais de origem ou terem sido formadas na fase inicial da atuação dos processos pedogenéticos. Durante a pedogênese, essas concreções parecem ter sofrido degradações físicas e químicas, que as transformaram em mosqueados e, posteriormente, transformações que resultam em dissipação do ferro na massa do solo. As formas de ferro dissipadas são eluviadas/iluviadas ao longo do perfil do solo ou para fora dos mesmos. Também podem ter sido formadas em etapa inicial da pedogênese, com posterior fragmentação/dissolução progressiva aumentando na direção dos horizontes superiores.

A eluviação/iluviação da argila contribui com a diferenciação das características dos horizontes superficiais em relação aos subsuperficiais e no adensamento ora estudado.

A consistência muito dura à extremamente dura, verificada no perfil 3, não parece resultante de adensamento, devendo ser resultado de ações químicas (cimentações).

Processos sedimentológicos que originam descontinuidade litológica não influíram no adensamento estudado, visto que os sedimentos, dos quais os solos se formam, são similares.

Os processos pedogenéticos atuantes na gênese desses solos são representados pelas translocações de argila, ferro, silício e alumínio que atuam como agentes cimentantes do adensamento estudado; pela salinização (P3), pela dispersão da argila e pelos ciclos alternados de umedecimento e secagem.

## Referências

AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplanadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, SP, v. 19, p. 1-39, 1969.

ALMEIDA, J. A. **Desagregação do topo do horizonte B de um Podzólico Vermelho Amarelo abrupto da Planície Costeira do RS**. 1992. 152 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: J. Wiley, 1976.

BULLOCK, P.; FEDEROFF, N.; JONGERIUS, A. **Handbook for soil thin section description**. Albrington, United Kingdom: Waine Research, 1985. 152 p.

DANTAS, J. A.; SANTOS, M. C.; HECK, R. J. Caracterização de Podzólicos Amarelos irrigados e não irrigados do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 761-771, 1998.

DUARTE, M. N.; RAMOS, D. P.; LIMA, P. C. de. Caracterização e gênese de solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino, na Baixada Litorânea do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p. 291-304, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 1999. 412 p. (Embrapa Solos. Documentos, 5).

FEIJTEL, T. C.; JONGMANS, A. G.; DOESBURG, D. J. van. Identification of clay coatings in an older Quaternary terrace of the Allier, Limagne, France. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, p. 876- 882, 1989.

MERMUT, A. R.; SANTOS, M. C. dos. **Introduction to soil micromorphology: a special course for soil scientists**. Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan - Departament of Soil Science; Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1991. 72 p.

MIRANDA, C. S. S.; FERREIRA, M. G. V. X. Caracterização de solos com a chernozêmico na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.107-120, 1999.

MOODY, I. E.; GRAHAM, R. C. Silica-cemented terrace edges, Central California Coast. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1723-1729, 1997.

OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Pedogênese de topossequência no Agreste de Pernambuco**. 1992. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. C. D.; FERREIRA, M. da G. de V. X. Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 15, p. 75-81, 1991.

ROLIM NETO, F. C.; SANTOS, M. C. dos. Gênese de solo arenoso com lamelas e fragipã no agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, p. 243-253, 1994.

SANTOS, H. G. dos; CAMARGO, M. N.; LARACH, J. O. I.; JACOMINE, P. K. T.; CARVALHO, A. P. de. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ, 1988. 54 p. (EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Documentos, 3).

SANTOS, H. G. dos (Coord.). **Normas e critérios para levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1989. 94 p.

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. 92 p.

SANTOS, M. C. dos; MERMUT, A. R.; RIBEIRO, M. R. Micromorfologia de solos com argila de atividade baixa no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 15, p. 83-91, 1991.

**Embrapa**

---

**Solos**