

# ESTUDO DE TOPOSEQUÊNCIA DA BAIXADA LITORÂNEA FLUMINENSE: EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM E POSIÇÃO TOPOGRÁFICA<sup>(1)</sup>

M. B. SILVA<sup>(2)</sup>, L. H. C. ANJOS<sup>(3)</sup>,  
M. G. PEREIRA<sup>(3)</sup> & R. A. M. NASCIMENTO<sup>(3)</sup>

## RESUMO

A influência dos materiais de origem, rochas do Pré-Cambriano e sedimentos coluviais e aluvionares delas derivados, e da posição topográfica na gênese de solos foi estudada em uma topossequência representativa das feições geomorfológicas da Baixada Litorânea Fluminense (RJ), no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foram analisados seis perfis de solo, localizados no terço superior (P1 e P2), médio (P3) e inferior da encosta (P4 e P5), e na baixada (P6). Os processos pedogenéticos e as características dos solos foram relacionados com as unidades geomorfológicas e litoestratigráficas descritas na região. Os perfis P1 e P2, formados *in situ* a partir do regolito do gnaisse, têm elevada saturação por bases, textura média/argilosa e minerais primários facilmente intemperizáveis na fração areia (micas e feldspatos). O P3, relacionado com uma rampa de colúvio, difere dos anteriores pela elevada saturação por alumínio e ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis. P4 e P5, também formados de colúvio, diferem do P3 pela textura superficial arenosa e presença de horizonte E sobrejacente a fragipã. O P6, originado de sedimentos colúvio-aluvionais, tem cores cinzentas, estrutura maciça, textura argilosa e baixa saturação por bases. Os perfis foram classificados como Argissolo (P1, P2 e P3), Planossolo (P4 e P5) e Gleissolo (P6).

**Termos de indexação:** Argissolos, Planossolos, drenagem do solo.

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Recebido para publicação em outubro de 1999 e aprovado em junho de 2001.

<sup>(2)</sup> Professora Assistente da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Cidade Universitária Paulo VI, CEP 65054-970 São Luís (MA). E-mail: marlenbarros@bol.com.br

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. BR 465, km 7, CEP 23890-000 Seropédica (RJ). E-mail: lanjoso@ufrj.br; gervasio@ufrj.br

**SUMMARY: TOPOSEQUENCE STUDY OF BAIXADA LITORÂNEA FLUMINENSE, RJ, BRAZIL: EFFECTS OF PARENT MATERIAL AND TOPOGRAPHIC POSITION**

*The influence of parent materials, Pre-Cambrian rocks, and colluvial and alluvial sediments derived from them, as well as their topographical position in the soil genesis were studied in a toposequence representative of the Baixada Litorânea Fluminense landscape, at the Federal Rural University of Rio de Janeiro, Brazil. Six soil profiles, located on the shoulder position (P1 and P2), backslope (P3), footslope (P4 and P5), and foot slope position (P6) were analyzed. The pedogenic processes and soil properties were related to the geomorphologic and lithostratigraphic units described in the region. Profiles P1 and P2, formed in situ from the gneiss mantle, had high base saturation, medium clayey texture, and easily weathered primary minerals in the sand fraction (mica and feldspar). Profile P3, related to a thick colluvium mantle, differed from P1 and P2 due to a high aluminum saturation and absence of easily weathered primary minerals. Profiles P4 and P5, also formed from colluvial materials, had a sandier surface texture than P3, and showed an E horizon overlying a fragipan. Profile P6, formed from mixed colluvium and alluvium sediments, had gray colors, massive structure, clayey texture, and low base saturation. The soil profiles were classified as Argissol (P1, P2 and P3), Planossol (P4 and P5), and Gleissol (P6).*

*Index terms: "Argissols", "Planossols", soil drainage.*

## INTRODUÇÃO

O estudo de seqüências de solos (topo, lito ou clima) tem-se mostrado eficiente para a avaliação dos efeitos dos fatores de formação (Jenny, 1941) no desenvolvimento dos solos em ecossistemas tropicais, ainda que dificilmente ocorra na paisagem uma situação onde um único fator varie, enquanto os demais permanecem constantes (Scatolini & Moniz, 1992; Silva, 1993).

O relevo é considerado um fator que modifica o efeito dos demais fatores de formação dos solos. Fanning & Fanning (1989) destacam a distribuição da umidade na paisagem, as diferenças na temperatura dos solos causadas pela altitude e exposição ao sol, a intensidade dos processos de remoção de sólidos e solutos (erosão e lixiviação), a remoção e deposição de sedimentos e as variações no nível do lençol freático como aspectos influenciados pelo relevo ou pela posição topográfica.

O material de origem e as suas diversas alterações nos processos de denudação, erosão e agradação das superfícies, durante ciclos geológicos e climáticos, também contribuem para a pedogênese (Bigarella et al., 1965). Pesquisas realizadas em solos desenvolvidos a partir de sedimentos inconsolidados ou que receberam contribuição de sedimentos pré-intemperizados (Silva, 1993; Duarte et al., 1996; Anjos, 1998) demonstraram que, em alguns solos, algumas de suas características foram herdadas diretamente do próprio material de origem.

A área do presente estudo, localizada no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

(UFRRJ), apresenta algumas feições geomorfológicas e litoestratigráficas típicas da Baixada Litorânea Fluminense, representadas pelas colinas e depressões assoreadas e pelas planícies colúvio-aluvionares e aluvionares (Goes, 1994). Com o objetivo de avaliar a influência dos materiais de origem, rochas do Pré-Cambriano e sedimentos colúviais e aluvionais delas derivados, e da posição topográfica na gênese de solos, foi escolhida uma toposseqüência típica, onde os perfis de solos representam a variação destes fatores de formação.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Meio físico

Segundo Goes (1994), a Baixada Litorânea Fluminense apresenta como traços estruturais um sistema de encostas, representado pelos terrenos altos de serras com material de origem do cristalino; um conjunto de colinas de topografia convexa-côncava, com formações superficiais e associações litoestratigráficas, por vezes indicadas por linhas de seixos angulosos e, ou, subarredondados (Duarte et al., 1996), e as planícies colúvio-aluvionares e aluvionares, que compõem a Baixada de Sepetiba.

As feições de topos arredondados e vertentes côncavo-convexas representam remanescentes do embasamento cristalino, rochas do Pré-Cambriano, que foram retrabalhadas e originaram os sedimentos colúviais e aluviais, aos quais as colinas estão associadas na paisagem (Leonardos & Fyfe, 1974;

Amador, 1980; Goes, 1994; Rio de Janeiro, 1995). Segundo Goes (1994), no Holoceno Subatual (6-5 mil anos antes do presente), formaram-se rampas de colúvio dissecadas e ombreiras associadas às colinas estruturais, além de terraceamento e depressões esteleares colúvio-aluvionares, definindo as feições geomorfológicas atuais.

O clima atual da região, segundo Köppen, é do tipo Aw, quente e úmido sem inverno pronunciado, com período chuvoso no verão e uma estiagem não muito rigorosa no inverno. A Baixada Litorânea Fluminense apresentava-se originalmente coberta pelas florestas (subperenifolia e subcaducifolia) da Mata Atlântica (EMBRAPA, 1980).

### Caracterização dos solos

A topossequência estudada localiza-se no Campus da UFRRJ, Seropédica (RJ). Os seis perfis de solo

utilizados na pesquisa foram selecionados em uma vertente com 5% de declive e cerca de 500 m de comprimento, após tradagens ao longo da pendente em intervalos de, no máximo, 50 m. Os perfis P1 e P2, localizados no terço superior da encosta (Figura 1), apresentaram como material de origem gnaisses leuco e mesocromáticos (Leonardos & Fyfe, 1974; Goes, 1994). O perfil P3, localizado no terço médio da vertente, em uma seção aplainada, originou-se de sedimentos colúviais de natureza argilo-arenosa, resultantes do intemperismo das rochas citadas. Já os perfis P4 e P5, situados no terço inferior de encosta, tiveram como material parental os sedimentos colúvio-aluvionais (Silva, 1993; Goes, 1994). O perfil P6, na parte mais baixa da paisagem, originou-se da mistura de sedimentos fluviais, pelo transbordamento de rios em seus primitivos leitos e materiais carregados pelas águas pluviais e depositados nas cotas mais baixas (Goes, 1994).

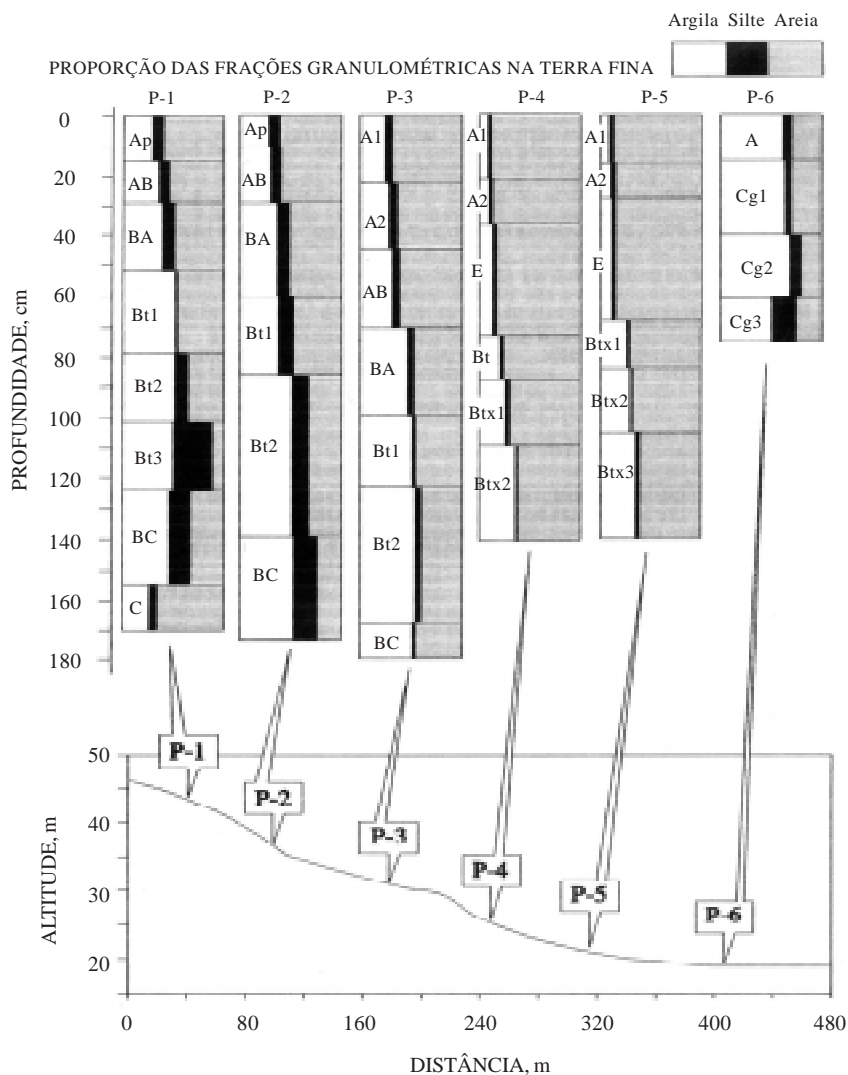


Figura 1. Localização dos perfis na topossequência e distribuição das frações granulométricas em profundidade. A escala no canto superior direito indica o padrão usado para representar a proporção dos componentes areia, silte e argila, em cada horizonte e perfil de solo.

A amostragem dos solos e a descrição morfológica foram realizadas segundo Lemos & Santos (1984). As análises físicas e químicas seguiram recomendações da EMBRAPA (1979). Foram determinados a granulometria (método da pipeta), o teor de argila dispersa em água e a densidade do solo (método do anel volumétrico), bem como calculados o grau de flocculação e a relação silte/argila. As determinações químicas incluíram o carbono orgânico, obtido pelo método volumétrico após oxidação pelo bicromato de potássio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ . O cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de  $\text{KCl mol L}^{-1}$  e determinados por titulação com solução de EDTA  $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ , sendo o Al titulado com  $\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ . O sódio e o potássio trocáveis foram extraídos com solução Mehlich-1 e quantificados por espectrofotometria de chama. Para determinar a acidez trocável ( $\text{H} + \text{Al}$ ), foi feita a extração com solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0. Além destas análises, foi determinado o pH em água e calculadas a soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V%) e atividade da fração argila (CTC da argila).

As formas de ferro de baixa cristalinidade (Feo) foram extraídas com oxalato ácido de amônio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  (Schwertmann, 1964). Os óxidos de ferro pedogênicos, representados como Fed, compreendendo as formas de baixa cristalinidade (Feo) e as formas mais cristalinas, foram extraídos com solução de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Mehra & Jackson, 1960; Schulze, 1984). Os teores de Fe (Fes), Al, Si e Ti extraíveis pelo ataque ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1) foram determinados por colorimetria e absorção atômica (EMBRAPA, 1979). Segundo Vettori (1976), a determinação do Fe extraído pelo ataque ácido (Fes) parece quantificar todos os óxidos de ferro pedogênicos, mais o ferro ligado ao titânio para formar a ilmenita e o ferro que esteja presente na estrutura dos minerais silicatados, sendo assim o valor obtido de Fes é uma estimativa do teor total deste elemento no solo. O ponto de carga zero (PCZ) foi obtido segundo o método proposto por Uehara & Gillman (1981).

Os minerais da fração areia foram identificados semiquantitativamente por métodos óticos. Os minerais na fração argila foram identificados em difratogramas de raios-X, obtidos em lâminas orientadas, em aparelho do tipo Rigaku, com radiação de  $\text{Cu K}\alpha$  ( $\lambda$  0,154050 nm), operando a uma tensão de 20 Kv e corrente de 30 mA (EMBRAPA, 1979).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades dos solos

A cor e o grau de agregação dos horizontes subsuperficiais apresentaram forte relação com a

drenagem, condicionada pela posição topográfica (Quadro 1). Os perfis bem a moderadamente drenados (P1, P2 e P3) tiveram melhor agregação, com estrutura moderada em blocos angulares e subangulares no horizonte B. Nos perfis P4 e P5, ambos com drenagem imperfeita, observou-se, nos horizontes Btx, um padrão de prismas poligonais, de grau de desenvolvimento fraco, delimitado pela existência de cores vermelho-amareladas alternadas com uma matriz de solo cinzenta. Nesses perfis, a formação de estruturas poligonais estava condicionada à drenagem imperfeita dos solos.

Segundo Moniz (1980), por permanecerem úmidos e expandidos durante longo período de tempo, os solos desenvolvem grandes agregados, comumente na forma prismática. O aumento na densidade do solo nos horizontes Btx, perfis P4 e P5, está relacionado com a formação do fragipã. Segundo o modelo de gênese de fragipã apresentado no Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999, p.40-41), a maior densidade do solo no fragipã está relacionada com o pequeno grau de expansão e contração que ocorre nestes horizontes. Além deste fator, o desenvolvimento do sistema radicular geralmente se dá apenas entre os prismas e é predominantemente vertical, da mesma forma que o fluxo de água. O perfil P6, mal drenado, não apresentou agregação nos horizontes Cg2 e Cg3, de estrutura maciça.

Também ocorreram variações nas cores dos solos, dependendo da drenagem interna (Quadro 1), predominando cores vermelhas (2,5YR 4/8 e 5/8) a vermelho-amarelas (5YR 5/6 e 5/8) e amarelo brunadas (10YR 6/8) nos solos bem drenados a moderadamente drenados, P1, P2 e P3, respectivamente, e cores cinzentas (10YR 5/1, 5/2 e 6/1) nos perfis imperfeitamente e mal drenados (perfis P4, P5 e P6). Os mosqueados observados nos perfis P4, P5 e P6, nas zonas sujeitas à saturação com água, resultaram da presença de condições desuniformes de oxidação; nos perfis P4 e P5, estes mosqueados, predominantemente bruno-amarelados (10YR 5/8), concentraram-se nas faces dos polígonos. Esta localização deveu-se, provavelmente, à migração do ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) para as zonas com maior aeração formadas durante o período de secamento do solo, onde o ferro é oxidado a  $\text{Fe}^{3+}$ , assemelhando ao modelo de mosqueado I de Fanning & Fanning (1989, págs.115-116), em que o  $\text{Fe}^{2+}$  é solubilizado no interior dos prismas e se difunde para a superfície. O padrão de mosqueado observado nos perfis P4 e P5, notadamente no fragipã, apresentou cores semelhantes as verificadas por Smith & Callahan (1987); entretanto, a distribuição foi distinta, já que as cores cinzentas não foram observadas no contato entre os prismas, como citado no Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999, pág.40) na descrição do fragipã.

Tal comportamento pode ser devido aos períodos em que dominam as condições de redução no solo, ao longo do ano, resultantes da lenta permeabilidade

do perfil, no topo do horizonte B (lençol suspenso), e à própria condição de drenagem imperfeita do solo, sem, contudo, caracterizar a presença de um horizonte glei.

A granulometria dos solos mostrou grande variação ao longo da encosta (Figura 1). Os perfis P1, P2 e P3 apresentaram textura média/argilosa, P4 e

P5 textura arenosa/média e o perfil P6 textura argilosa. Verificou-se, na seqüência dos perfis, uma distribuição irregular na granulometria dos horizontes superficiais dos perfis P3, P4 e P5, em relação à sua posição na vertente. O material mais argiloso foi observado no terço médio da encosta (P3)

**Quadro 1. Atributos morfológicos e físicos dos perfis estudados**

Horizonte	Profundidade cm	Cor úmida		Estrutura <sup>(1)</sup>	Argila total g kg <sup>-1</sup>	Silte/argila	Ds <sup>(3)</sup> kg dm <sup>-3</sup>
		Matriz	Mosqueado				
P1 – Argissolo Vermelho-Amarelo							
Ap	0-15	10YR 3/3	-	fr. pq. gr.	300	0,40	1,41
AB	-29	10YR 4/4	-	fr. pq. gr.	360	0,31	1,52
BA	-52	7,5YR 5/8	-	mo. pq. e mé. ba.	390	0,31	1,50
Bt1	-79	7,5YR 5/8	-	mo. pq. e mé. ba.	540	0,22	1,51
Bt2	-102	5YR 5/6	-	mo. pq. e mé. ba.	530	0,26	1,40
Bt3	-124	2,5YR 4/8	-	mo. pq. e mé. ba. e bsa.	520	0,73	1,37
BC	-155	2,5YR 5/8	-	fr. pq. mé. ba.	460	0,75	1,50
C	-170 <sup>+</sup>	2,5YR 4/8	variegado	fr. pq. ba.	260	0,69	-
P2 – Argissolo Vermelho-Amarelo							
Ap	0-10	10YR 3/3	-	fr. pq. gr.	290	0,45	1,51
AB	-29	10YR 4/4	-	fr. pq. gr.	310	0,35	1,52
BA	-60	7,5YR 5/6	-	fr. pq. bsa.	370	0,30	1,56
Bt1	-86	5YR 5/6	-	mo. pq. ba.	410	0,29	1,45
Bt2	-140	5YR 5/8	-	mo. pq. e mé. ba.	510	0,33	1,43
BC	-174 <sup>+</sup>	5YR 5/8	-	mo. pq. e mé. ba.	510	0,33	1,43
P3 – Argissolo Amarelo							
A1	0-22	10YR 3/3	-	fr. pq. gr.	250	0,28	1,54
A2	-44	10YR 4/3	-	fr. pq. gr.	270	0,33	1,59
AB	-70	10YR 5/6	-	fr. pq. gr.	320	0,19	1,45
BA	-99	10YR 5/6	-	mo. pq. e mé. ba. e bsa.	470	0,11	1,54
Bt1	-123	10YR 6/8	-	mo. pq. e mé. ba. e bsa.	510	0,10	1,41
Bt2	-168	10YR 6/8	-	mo. pq. e mé. ba.	540	0,11	1,42
BC	-187 <sup>+</sup>	10YR 6/8	-	fr. pq. ba.	510	0,10	1,31
P4 – Planossolo Háptico							
A1	0-21	10YR 3/2	-	fr. pq. e mé. gr.	80	0,50	1,52
A2	-37	10YR 4/1	-	fr. pq. gr.	100	0,60	1,68
E	-73	10YR 5/2	-	fr. pq. e mé. bsa.	110	0,36	1,67
Bt	-88	10YR 5/1	10YR 5/8	fr. pq. e mé. bsa. e ba.	220	0,14	1,74
Btx1	-110	10YR 5/2	10YR 5/8	fr. desenv. pad. polig <sup>(2)</sup>	280	0,07	1,78
Btx2	-142 <sup>+</sup>	10YR 5/2	2,5YR 4/8 e 10YR 5/8	fr. desenv. pad. polig <sup>(2)</sup>	370	0,03	1,72
P5 – Planossolo Háptico							
A1	0-16	10 YR 3/2	-	fr. pq. gr.	90	0,44	1,44
A2	-28	10YR 4/1	-	fr. pq. gr.	100	0,70	1,57
E	-68	10YR 6/2	-	fr. pq. gr.	120	0,42	1,60
Btx1	-84	10YR 6/1	10YR 5/8	fr. desenv. pad. polig <sup>(2)</sup>	380	0,03	1,71
Btx2	-106	10YR 5/1	10YR 5/8	fr. desenv. pad. polig <sup>(2)</sup>	420	0,01	1,60
Btx3	-141 <sup>+</sup>	10YR 6,5/1	2,5YR 4/6 e 10YR 6/8	fr. desenv. pad. polig <sup>(2)</sup>	480	0,06	1,55
P6 – Gleissolo Háptico							
A	0-15	10YR 3/1	-	fr. pq. gr.	630	0,14	0,64
Cg1	-40	10YR 5/1	5YR 4/4	fr. pq. e mé. gr. e ba.	670	0,06	1,16
Cg2	-61	N 3,5/0	5YR 4/6	maciça	690	0,16	1,07
Cg3	-75 <sup>+</sup>	10YR 6/1	7,5YR 5/6	maciça	500	0,48	1,42

<sup>(1)</sup> fr.= fraca; mo.= moderada; pq.= pequena; mé.= média; gr.= granular; ba.= blocos angulares; bsa.= blocos subangulares. <sup>(2)</sup> pad. polig = padrão poligonal associado ao fragipã, com arranjo estrutural em prismas, definidos por mosqueados de cores distintas da matriz (Estados Unidos, 1993). <sup>(3)</sup>Ds = densidade do solo.

e o mais arenoso nas posições inferiores (P4 e P5), contrariando a tendência natural das partículas mais finas de serem arrastadas para as partes mais baixas.

Essa aparente inversão na granulometria deveu-se a uma quebra de gradiente no terço médio da encosta, provocando uma redução na velocidade de arraste das partículas e conseqüente deposição do material mais fino, bem como variações de granulometria nos sedimentos coluvionais, relacionadas com os distintos períodos de sedimentação. A relação silte/argila nos perfis P4 e P5 (Quadro 1) diminuiu gradualmente entre os horizontes A e E e então reduziu, de forma brusca, para os horizontes com fragipã.

O complexo sortivo (Quadro 2) dos solos foi influenciado simultaneamente pela posição topográfica e pelo material originário. Os perfis P1 e P2 apresentaram valor S variando de 24,3 a 41,2 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e saturação por bases ligeiramente acima de 50%. Os perfis P3, P4 e P5, formados a partir da cobertura sedimentar pré-edaforizada, mostraram complexo sortivo dessaturado, o maior valor S foi de 14,1 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (P3, A1). No perfil P6, o valor S variou de 38,4 a 47,4 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. Na planície aluvionar, além da própria natureza dos sedimentos, percebeu-se uma contribuição de bases lixiviadas dos terrenos mais altos via fluxo lateral subsuperficial (Moniz, 1980). De modo geral, o H + Al dominaram o complexo sortivo dos perfis originados de sedimentos (P3, P4, P5 e P6), e a saturação por Al (m) foi superior a 50%, na maioria dos horizontes. Já para os perfis desenvolvidos do gnaisse (P1 e P2) predominaram os íons Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, o que se refletiu em pH mais elevado. Todos os perfis apresentaram argila de baixa atividade (CTC inferior a 27 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de argila), com valor T ligeiramente superior no P6 e nos horizontes superficiais, este último ligado à distribuição de carbono orgânico.

A relação ki (Quadro 3) nos horizontes diagnósticos subsuperficiais variou de 1,56 a 2,0, indicando o predomínio na fração argila de minerais do grupo da caulinita e óxidos de alumínio (Nascimento, 1989). Entre os perfis, os maiores valores de ki foram observados em horizontes dos perfis P4 e P5, indicando que a textura arenosa estaria influenciando a relação ki, pelo aumento dos teores de Si. Ainda que a posição topográfica do perfil P6 na vertente favoreça a ressilicificação da argila pelo enriquecimento da solução em sílica e bases (Moniz, 1980; Demattê et al., 1992), esta transformação não ocorreu, como evidenciada pela mineralogia da argila no horizonte Cg2, que indica o domínio de caulinita e a presença de gibbsita (Figura 2). Apesar do menor PCZ (2,5) no horizonte Cg2 do perfil P6, os valores de PCZ em geral foram baixos.

Quanto às formas de ferro (Quadro 3), os teores de Fes variaram de 3 a 90 g kg<sup>-1</sup> TFSA, e, com exceção

do perfil P6, Fes aumentou nos horizontes subsuperficiais. O teor de Fes decresceu da parte alta da encosta até à planície (do perfil P1 ao P6), acompanhando a variação na drenagem dos solos. Analisando a relação Feo/Fed, verificou-se que o mais alto valor (0,14) correspondeu ao perfil P6 (Cg2), com mais sérias restrições à drenagem. Nos perfis P1, P2 e P3, a relação Feo/Fed indicou um aumento das formas de Fe de baixa cristalinidade nos horizontes superficiais, provavelmente pelo maior teor da fração orgânica desses horizontes, inibindo a cristalização (Schwertmann & Kämpf, 1983; Schwertmann & Taylor, 1989). Quanto à relação Fed/Fes, houve pouca variação entre os horizontes superficiais e subsuperficiais nos perfis P1, P2 e P3, que revelaram drenagem boa a moderada. Nos perfis P4 e P5, percebeu-se um aumento de Fed/Fes em mais de cinco vezes no horizonte Btx2 (0,76 e 0,89, respectivamente), indicando maior proporção do Fe na forma de óxidos, evidenciados nas zonas de oxidação entre os prismas pelos mosqueados de cor avermelhada (matiz 2,5YR) e amarelada (matiz 10YR). As relações Fed/Fes e Feo/Fed estão relacionadas com a classe de drenagem dos solos.

A mineralogia da fração areia (Quadro 4) refletiu a influência do material originário dos solos. Nos perfis originados da rocha gnáissica (P1 e P2), foram observados maiores teores de minerais primários facilmente intemperizáveis (mica e feldspatos), ao contrário do que ocorreu nos demais solos originados de sedimentos pré-edaforizados, onde a fração areia é dominada pelo quartzo. A análise mineralógica da fração argila, por difração de raios-X (Figura 2), revelou o predomínio de caulinita, acompanhada de vermiculita hidróxi-interestratificada (VHE) e goethita em todos os perfis. No perfil P6, foi também identificada a gibbsita e observou-se melhor expressão do mineral illita (mica). Duarte et al. (1996) verificaram comportamento similar em solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino, localizados na baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

### Pedogênese e classificação

O sentido e a intensidade do fluxo de água em uma encosta, que variam de acordo com a topografia e forma da superfície, são as principais causas da diferenciação dos solos ao longo de toposseqüências. A natureza e a intensidade dos processos pedogenéticos, que resultaram na variação dos solos observada na toposseqüência, foram fortemente influenciadas pela posição topográfica e pela própria disposição do material parental dos solos.

Os perfis P1 e P2, com seqüência de horizontes ABtC, apresentaram grau de diferenciação de horizontes comparável à dos perfis P4 e P5, apesar do maior teor de minerais primários menos resistentes ao intemperismo (micas e feldspatos). A convexidade da superfície onde estão localizados P1

**Quadro 2. Complexo de troca dos perfis estudados**

Horizonte	pH H <sub>2</sub> O	Complexo de troca					S	T	V	m	C
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
mmolc kg <sup>-1</sup> TFSA											
P1 – Argissolo Vermelho-Amarelo											
Ap	5,8	19	18	3,2	37	3	41,2	81,2	51	7	19,0
AB	5,5	13	10	1,1	29	4	24,6	57,6	43	14	9,6
BA	6,1	15	10	0,4	20	0	25,8	45,8	56	0	7,6
Bt1	6,3	13	14	0,5	18	0	28,1	46,1	61	0	5,5
Bt2	6,3	11	19	0,7	19	0	32,1	51,1	63	0	4,8
Bt3	6,2	11	21	0,4	20	0	34,8	54,8	64	0	4,5
BC	6,0	5	24	0,4	20	0	31,9	51,9	62	0	3,8
C	5,6	1	22	0,5	14	14	25,1	53,1	47	0	2,6
P2 – Argissolo Vermelho-Amarelo											
Ap	5,6	14	17	2,0	31	4	33,8	68,8	49	11	15,0
AB	5,4	10	13	0,8	30	7	24,3	61,3	40	22	10,1
BA	5,6	9	15	0,5	23	3	25,0	51,0	49	11	5,1
Bt1	5,8	7	16	0,5	21	2	24,4	47,4	52	8	4,8
Bt2	5,8	5	26	0,5	23	7	33,1	63,1	52	17	3,5
BC	5,6	2	28	0,8	19	11	32,5	62,5	52	25	2,3
P3 – Argissolo Amarelo											
A1	5,2	5	8	0,7	37	9	14,1	60,1	23	39	10,9
A2	5,0	4	4	0,4	28	11	8,7	47,7	18	56	8,4
AB	5,1	3	5	0,2	18	11	8,4	37,4	22	57	4,6
BA	4,9	4	3	0,1	25	20	7,4	52,4	14	73	4,1
Bt1	4,8	1	2	0,1	22	24	3,4	49,4	7	88	4,0
Bt2	4,9	2	2	0,1	19	20	4,6	43,6	11	81	3,8
BC	5,0	3	4	0,1	17	15	7,5	39,5	19	67	3,3
P4 – Planossolo Háplico											
A1	5,4	3	2	0,9	24	5	6,5	35,5	18	43	7,3
A2	5,3	1	1	0,3	16	6	2,8	24,8	11	68	4,5
E	5,2	1	1	0,4	12	8	2,8	22,8	12	74	2,3
Bt	5,4	2	3	0,4	13	11	5,8	29,8	20	65	2,2
Btx1	5,4	3	3	0,6	16	14	7,2	37,2	19	66	2,3
Btx2	5,4	3	7	0,7	14	13	11,4	38,4	30	53	2,5
P5 – Planossolo Háplico											
A1	5,4	4	4	0,8	27	5	9,2	4,1	22	35	9,7
A2	5,1	1	2	0,3	16	8	3,6	2,8	13	69	4,7
E	5,2	2	0	0,3	09	7	2,5	1,9	14	74	2,6
Btx1	5,1	4	5	0,1	15	21	9,7	4,6	21	68	2,6
Btx2	5,1	3	6	0,1	15	24	9,7	4,9	20	71	2,3
Btx3	5,0	3	3	0,3	13	30	7,0	5,0	14	81	2,2
P6 – Gleissolo Háplico											
A	4,5	23	11	1,8	42	37	41,6	22,4	19	47	45,7
Cg1	4,9	24	12	0,1	38	21	38,4	91,4	42	35	6,6
Cg2	5,0	28	17	0,1	47	19	47,4	97,4	49	29	4,9
Cg3	5,0	25	15	0,1	42	12	41,7	72,7	57	22	3,2

S = Ca + Mg + K + Na; T = S + (H + Al); V = 100 x S/T; m = 100 x Al<sup>3+</sup>/(Al<sup>3+</sup> + S).

e P2, associada à sua posição topográfica, favoreceu a remoção das camadas superficiais do solo por erosão, além de promover o aumento do escoamento superficial de água, com conseqüente menor percolação no perfil e diminuição da intensidade de intemperismo. Nos perfis P1 e P2, a estrutura em blocos moderadamente desenvolvida do horizonte B deve ter resultado da deformação plástica durante

os ciclos de umedecimento e secagem, o que, segundo Moniz (1980), é favorecido pelo fluxo lateral subsuperficial de água no solo. A presença de cerosidade no horizonte Bt dos perfis P1 e P2 indicou a atuação do mecanismo de translocação de argila nestes solos; entretanto, a intensidade do processo de eluviação de argila não foi suficiente para a formação do horizonte E.

**Quadro 3. Formas extraíveis de Si, Al, Fe e Ti, PCZ e relações Feo/Fed e Fed/Fes dos perfis estudados<sup>(1)</sup>**

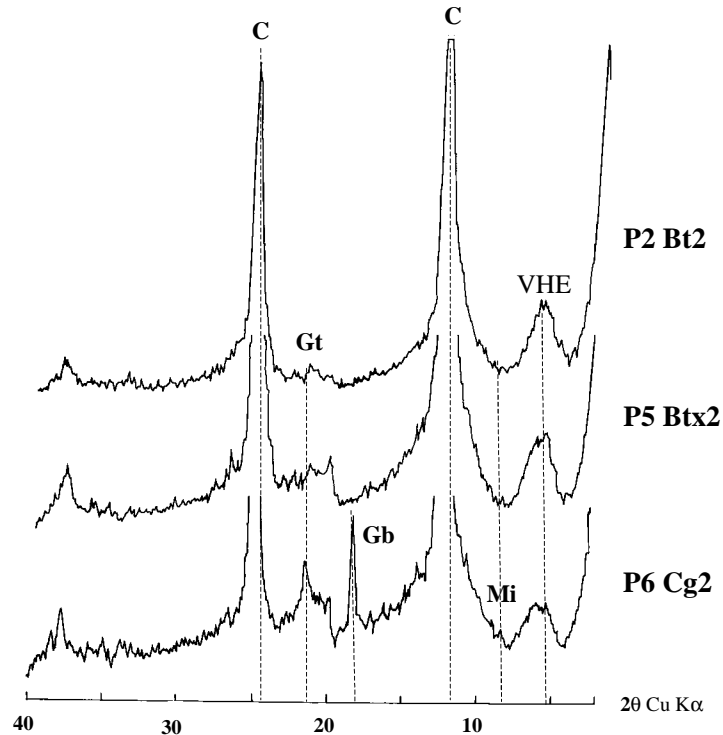
Horizonte	Ataque sulfúrico (1:1)				Ki	PCZ	Feo/Fed	Fed/Fes
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>				
g kg <sup>-1</sup> TFSA								
P1 – Argissolo Vermelho-Amarelo								
Ap	115,0	97,4	47,0	12,2	2,01	2,9	0,06	0,80
AB	127,6	107,2	53,0	11,0	2,03	-	-	-
BA	124,2	111,0	57,0	11,3	1,92	-	-	-
Bt1	160,6	148,2	67,0	14,2	1,85	3,2	0,02	0,74
Bt2	176,6	183,2	79,0	14,2	1,64	-	-	-
Bt3	228,0	203,4	90,0	13,8	1,91	-	-	-
BC	196,0	195,0	78,0	12,8	1,71	-	-	-
C	224,6	194,2	83,0	12,6	1,97	-	-	-
P2 – Argissolo Vermelho-Amarelo								
Ap	99,4	86,2	43,0	11,0	1,86	2,8	0,07	0,64
AB	114,	99,9	47,0	13,0	1,93	-	-	-
BA	126,	108,5	61,0	12,0	1,98	-	-	-
Bt1	134,4	141,3	63,0	14,0	1,61	3,7	0,04	0,47
Bt2	173,2	190,3	84,0	12,4	1,55	-	-	-
BC	184,6	185,0	77,0	12,8	1,69	-	-	-
P3 – Argissolo Amarelo								
A1	67,2	68,8	21,0	8,4	1,65	2,8	0,07	0,78
A2	69,5	73,3	25,0	9,2	1,61	-	-	-
AB	72,9	83,3	25,0	9,2	1,49	-	-	-
BA	111,6	149,2	41,0	10,9	1,28	-	-	-
Bt1	123,0	173,4	48,0	12,2	1,21	3,5	0,00	0,80
Bt2	139,0	164,7	46,0	11,7	1,43	-	-	-
BC	179,0	172,2	48,0	12,6	1,77	-	-	-
P4 – Planossolo Háplico								
A1	28,5	10,4	5,0	4,3	4,65	3,3	0,00	0,20
A2	34,2	15,2	5,0	6,2	3,82	-	-	-
E	40,4	23,1	8,0	6,3	2,97	3,0	0,00	0,14
Bt	63,2	37,8	7,0	6,8	2,84	-	-	-
Btx1	88,9	69,9	14,0	8,3	2,16	-	-	-
Btx2	109,4	105,9	16,0	8,3	1,76	3,0	0,08	0,76
P5 – Planossolo Háplico								
A1	26,2	13,7	3,0	3,8	3,16	2,8	0,00	0,17
A2	37,6	21,9	4,0	6,6	2,93	-	-	-
E	43,8	30,7	7,0	6,9	2,41	2,8	0,00	0,17
Btx1	127,6	109,6	18,0	8,7	2,00	-	-	-
Btx2	148,2	145,2	32,0	11,0	1,73	3,2	0,04	0,89
Btx3	125,4	144,6	38,0	10,3	1,46	-	-	-
P6 – Gleissolo Háplico								
A	208,6	174,2	23,0	12,6	2,04	-	-	-
Cg1	204,0	193,9	27,0	14,6	1,79	-	-	-
Cg2	192,6	191,0	24,0	14,4	1,72	2,5	0,14	0,28
Cg3	136,8	149,2	19,0	12,6	1,56	-	-	-

<sup>(1)</sup> Fes, Fed, Feo = teores de Fe extraídos pelo ataque sulfúrico, pelo ditionito-citrato bicarbonato de sódio e oxalato de amônio, respectivamente.

O perfil P3, originado de sedimentos coluviais pré-edaforizados, apresentou aumento no teor de argila em profundidade. Apesar de a relação silte/argila mais elevada nos horizontes superficiais do perfil P3 indicar uma variação na granulometria dos sedimentos, que poderia ser a razão da diferença textural (Moormann, 1985), a análise mineralógica

das frações grosseiras não revelou diferenças ao longo do perfil de solo, por provirem os sedimentos da mesma fonte. A estrutura do horizonte Bt mostrou agregados em blocos moderadamente desenvolvidos, formados pela ação dos ciclos alternados de umedecimento e secagem do perfil (Moniz, 1980). Acredita-se que a água, ao percolar, dispersou parte





**Figura 2.** Difratogramas de raios-X da fração argila ( $K^+$  25°C) dos horizontes diagnósticos dos perfis P2 (Bt2), P5 (Btx2) e P6 (Cg2). VHE = Vermiculita hidróxi-interestratificada; Mi = Mica/ililita; C = Caulinita; Gb = Gibbsita; Gt = Goethita.

das argilas dos horizontes superficiais, favorecendo o mecanismo de perda superficial da argila naturalmente dispersa em suspensão. Desta forma, o processo pedogenético de eluviação/iluviação pouco contribuiu no aumento da relação textural B/A neste perfil.

Também nos perfis P4 e P5, a relação silte/argila apresentou valores mais elevados nos horizontes superficiais do que em subsuperfície, evidenciando a deposição de sedimentos mais grosseiros, a partir dos quais se originaram os horizontes A e E, sobre sedimentos mais finos que formaram os horizontes subsuperficiais (Btx). Segundo Duarte et al. (1996), a variação na relação silte/argila pode ser causada ainda por processos de destruição preferencial de argila em superfície e, ou, remoção superficial do material mais fino por escoamento difuso e, ou, iluviação de argila do horizonte A para o B. A situação dos perfis P4 e P5, em superfície côncava, favorece a infiltração da água no solo, contribuindo para a eluviação de argila dos horizontes superficiais, o que levaria à formação inicial de um horizonte B textural; entretanto, a drenagem imperfeita e a ocorrência sazonal de uma zona saturada na transição entre os horizontes E e B favoreceram a formação do horizonte B plânico pela influência das condições alternadas de oxidação e redução.

A remoção de argilas por erosão seletiva é suficiente para concentrar o material mais grosseiro na superfície do solo, uma vez que a própria concavidade da superfície reduz a intensidade do arraste das partículas. Desta forma, a variação de granulometria e a formação do horizonte E, nos perfis P4 e P5, deveram-se a diferenças na granulometria dos sedimentos e a processos de destruição de argila nos horizontes superficiais, como o da ferrólise, que pode ter sido acentuado pela presença do fragipã. Segundo Brinkman (1979), a formação do contraste textural em solos pseudogleis, pseudopodzólicos e planossolos, sujeitos a encharcamento temporário de água, deve-se à destruição das argilas quando a solução do solo se torna muito ácida, pela alternância dos processos de redução e oxidação, tornando os argilominerais instáveis.

Dentre os seis perfis estudados, o P6, na planície aluvial, foi o que apresentou menor diferenciação de horizontes, com seqüência de horizontes AC. Sua situação topográfica provocou restrições de drenagem, pelo lençol freático elevado e pelo maior volume de água que chega ao solo. O solo permaneceu úmido durante longo período de tempo, impedindo o desenvolvimento de agregados estruturais nos horizontes Cg. A livre percolação da água, condição indispensável à diferenciação de horizontes, também

**Quadro 4. Mineralogia da fração areia de alguns horizontes dos perfis estudados**

Horizonte	Mineralogia dos grãos <sup>(1)</sup>	
	Areia grossa	Areia fina
<b>P5 – Planossolo Háplico</b>		
Bt1	Quartzo (90%), ang. e subang.; mica alterada (4%); feldspatos (3%); ilmenita (3%); zircão e concreções argilo-ferruginosas (tr)	Quartzo (85%) ang. e subang.; ilmenita (7%), mica alterada (5%); feldspato (3%); zircão, leucoxênio, apatita e concreções argilo-ferruginosas (tr)
Bt2	Quartzo (84%), ang. e subang.; mica alterada (9%); feldspatos (6%); ilmenita (1%); concreções argilo-ferruginosas (tr)	Quartzo (52%) ang. e subang.; mica alterada (40%); ilmenita (5%), feldspato (3%); zircão, sericita, apatita, turmalina, anfibólio e nódulos argilo-ferruginosas (tr)
<b>P1 - Argissolo Vermelho-Amarelo</b>		
Bt1	Quartzo (93%), ang. e subang.; feldspatos potássico (5%); ilmenita (2%); mica alterada e concreções argilo-ferruginosas (tr)	Quartzo (84%) ang. e subang.; mica (8%), ilmenita (5%); feldspato (2%); nódulos argilo-ferruginosas, zircão, apatita e sílica amorfa (tr)
Bt2	Quartzo (80%), ang. e subang.; biotita (10%); feldspatos (9%); ilmenita (1%); concreções argilo-ferruginosas (tr)	Mica alterada (60%); quartzo (34%) ang. e subang.; feldspato (5%); ilmenita (1%); zircão, leucoxênio e nódulos argilo-ferruginosas (tr)
<b>P2 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>		
Bt1	Quartzo (100%), subang.; biotita e ilmenita (tr).	Quartzo (98%) subang.; ilmenita (2%); biotita alterada, feldspato, zircão, leucoxênio e sericita (tr).
Bt2	Quartzo (100%), subang.; biotita e ilmenita (tr).	Quartzo (97%) subang.; ilmenita (3%); feldspato (3%); zircão, leucoxênio, sillimanita, sericita, mica alterada e rutilo (tr).
<b>P3 - Argissolo Amarelo</b>		
Btx1	Quartzo (100%), subang.; ilmenita e feldspato potássico (tr).	Quartzo (98%) subang.; mica e feldspato (3%), ilmenita (2%); zircão, mica alterada, leucoxênio, rutilo, turmalina, sillimanita e anfibólio (tr).
Btx2	Quartzo (100%), subang.; ilmenita e feldspato potássico (tr).	Quartzo (99%) ang. e subang.; mica alterada (5%); feldspato (3%), ilmenita (1%); zircão, leucoxênio, rutilo e sericita (tr).
<b>P4 – Planossolo Háplico</b>		
Btx1	Quartzo (100%), subang.; ilmenita e feldspato potássico (tr).	Quartzo (99%), subang.; ilmenita (1%); zircão, mica alterada, leucoxênio, rutilo e turmalina (tr).
Btx2	Quartzo (100%), subang.; ilmenita, feldspato potássico e biotita (tr).	Quartzo (99%), subang.; ilmenita (1%); zircão, mica alterada, leucoxênio, rutilo e sillimanita (tr).
<b>P6 – Gleissolo Háplico</b>		
Cg2	Quartzo (100%), subang.; feldspato potássico e carvão (tr).	Quartzo (100%), subang.; carvão, feldspato, mica alterada e ilmenita (tr).

<sup>(1)</sup> ang. = angular; subang. = subangular; tr = traços.

foi reduzida. O lençol freático elevado e o aporte de matéria orgânica favoreceram a redução do ferro, resultando em cores acinzentadas da matriz do solo que evidenciam o domínio do processo de gleização.

Os perfis P1 e P2 apresentaram cerosidade moderada no horizonte Bt, pouca ou comum, associada à estrutura em blocos, caracterizando o horizonte diagnóstico B textural (EMBRAPA, 1999). Considerando as cores do horizonte B e a atividade da argila, os perfis foram classificados como Argissolos Vermelho-Amarelos. No perfil P3, não foi

observada cerosidade, sendo o horizonte B definido como textural pela relação B/A maior que 1,7, e o solo classificado como Argissolo Amarelo pelo domínio de cores com matiz 10YR. Nos perfis P4 e P5, foi identificada a presença de horizonte B plânico, pela drenagem imperfeita, horizonte E sobrejacente, mudança textural abrupta e cor com baixo croma. Observou-se ainda a presença de horizonte fragipã nestes perfis, identificados pelas cores da matriz do solo e dos mosqueados, consistência dura a muito dura do material quando seco, e quebradiceza dos

torrões de solo, segundo Franzmeier et al. (1989) e Estados Unidos (1993). Os perfis P4 e P5 foram classificados como Planossolos Háplicos. O perfil P6 revelou horizonte glei definido pela dominância de cores de redução e foi classificado como Gleissolo Háplico.

## CONCLUSÕES

1. A natureza do material parental e a drenagem dos solos, considerando a posição topográfica e a forma das superfícies, determinaram a atuação de diferentes processos pedogenéticos e a intensidade destes processos na topossequência estudada.

2. Nos perfis P1 e P2, a convexidade da superfície e a posição na encosta favoreceram o mecanismo de translocação e o processo de eluviação/iluviação, formando Argissolos Vermelho-Amarelos. No P3, Argissolo Amarelo originado de sedimentos colúviais, o mecanismo de perda de argila em superfície foi o principal responsável pelo gradiente textural. Nos perfis P4 e P5, a superfície côncava e a drenagem imperfeita contribuíram para o processo de eluviação de argila, que, associado às condições de oxidação e redução e ao processo de ferrólise, levou à formação de Planossolos Háplicos. O perfil P6, Gleissolo Háplico, apresentou o menor grau de diferenciação de horizontes, sendo o principal processo o da gleização.

## LITERATURA CITADA

- AMADOR, E.S. Unidades sedimentares cenozóicas do recôncavo da Baía de Guanabara (Folhas Petrópolis e Itaboraí). *Ann. Acad. Bras. Ci.*, 52:743-761, 1980.
- ANJOS, L.H.C.; FERNANDES, M.R.; PEREIRA, M.G. & FRANZMEIER, D.P. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in southeastern Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:1651-1658, 1998.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. & SILVA, J.X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. *B. Paranaense Geog.*, 16-17:85-116, 1965.
- BRINKMAN, R. Ferrolysis, a soil-forming process in hydromorphic conditions. *Pudoc, Wageningen*, 1979. 106p. (Agric. Res. Rep., 887)
- DEMATTE, J.L.I.; VIDAL-TORRADO, P. & SPAROVEK, G. Influência da drenagem na morfogênese de solos desenvolvidos de rochas básicas no município de Piracicaba (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 16:241-247, 1992.
- DUARTE, M.N.; RAMOS D.P. & LIMA, P.C. Caracterização e gênese de solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino, na baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:291-304, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análises do solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro, 1980. 389p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 66)
- ESTADOS UNIDOS. Soil survey manual. 2.ed. Washington, DC, Soil Survey Staff. USDA-SCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p. (Agricultural Handbook, 18)
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Taxonomy. A Basic System of Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2.ed. Washington, DC, Soil Survey Staff. USDA-NRCS. U.S. Gov. Print. Office, 1999. 869p. (Agricultural Handbook, 436)
- FANNING, D.S. & FANNING, M.C.B. Soil morphology, genesis and classification. New York, John Wiley & Sons, 1989. 395p.
- FRANZMEIER, D.P.; NORTON, L.D. & STEINHARDT, G.C. Fragipan formation in loess of the Midwestern United States. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. eds. Fragipans: their occurrence, classification and genesis. Madison, 1989. p.69-97. (Special Publication, 24)
- GOES, M.M.B. Diagnóstico ambiental para geoprocessamento do município de Itaguaí (RJ). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1994. 529p. 2v. (Tese de Doutorado)
- JENNY, H. Factors of soil formation. New York, McGraw-Hill Company, 1941. 281p.
- LEONARDOS, O.H. & FYFE, W.S. Ultrametamorphism and melting of a continental margin in the Rio de Janeiro region, Brazil. *Contrib. Miner. Petrol.*, 46:201-214, 1974.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 46p.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 5:317-327, 1960.
- MONIZ, A.C. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil. Raleigh, North Caroline University, 1980. 290p. (Tese de Doutorado)
- MOORMANN, F.R. & BUOL, S.W. The kandic horizon as a diagnostic sub surface horizon. In: MOORMANN, F.R., ed. Expects from the circular letters of the International Committee on Low Activity Clays (ICOMLAC). Washington D.C., Soil Management Support Services, 1985. p.219-227. (SMSS, Technical Monograph, 8)
- NASCIMENTO, R.A.M. Correlação entre o valor Ki e outras variáveis em Latossolos. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1989. 256p. (Tese de Mestrado)
- RIO DE JANEIRO. Departamento de Recursos Minerais. Sinópsis geológica do estado do Rio de Janeiro: Texto explicativo do mapa geológico 1:40.000. Niterói, Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, 1995. 53p.

- SCATOLINI, F.M. & MONIZ, A.C. Influência do material de origem do lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 16:379-388, 1992.
- SCHULZE, D.G. The influence of aluminum on iron oxides. VII. Unit-cell dimensions of Al- substituted goethites and estimation of Al from them. *Clays Clay Miner.*, 32:27-39, 1984.
- SCHWERTMANN, U. The differentiation of iron oxide in soil by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. *Z. Pflanzenernähr. Dung. Bodenkd.*, 105:104-201, 1964.
- SCHWERTMANN, U. & KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:251-255, 1983.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. *Minerals in soil environments*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.379-438.
- SILVA, M.B. Caracterização dos solos em uma topossequência no campus da UFRRJ. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. 141p. (Tese de Mestrado)
- SMITH, B.R. & CALLAHAN, L.L. Soils with Bx horizons in the upper Coastal Plains of South Carolina. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:158-164, 1987.
- UEHARA, G. & GILMAN, G. The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays. Boulder Colorado, Westview Press, 1981. 157p.
- VETTORI, L. Ferro "livre" por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.