

SÉRIES MONOTÍPICAS DA BACIA DE TAUBATÉ

1 — PINHÃO E PINDA¹

FRANCISCO DA COSTA VERDADE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônômico* e LUIZ SOARES HUNGRIA, *engenheiro-agrônomo, Serviço do Vale do Paraíba.*

RESUMO

Neste trabalho, foram estudados as séries monotípicas Pinhão e Pinda, para definição das características necessárias à sua identificação no campo, as propriedades químicas e morfológicas, visando a sua classificação.

A série Pinhão, origina-se de sedimento terciário com estratificação horizontal, ocorrendo em profundidade e exposto pela erosão. Aparece, em geral, na meia encosta de zona ondulada. Além dos solos associados com drenagem moderada e imperfeita, surgem outros formando litossequência de distribuição constante. O perfil, tem um horizonte *A* profundo e pequeno horizonte *B*, ambos apresentando pouca variação de côr dentro da respectiva camada. A textura, de barrenta, nas superfície, passa a argilosa em profundidade. O solo, tem pequeno teor em nutrientes das plantas, quer na forma assimilável, quer na forma total. A fração coloidal apresenta-se com caulinita, goethita e gibbsita. A análise espectrográfica ondica, que êste solo pode apresentar deficiências de micronutrientes para as culturas e também para os animais.

A série Pinda, tem as mesmas características da série Pinhão quanto ao material original, porém ambas são sedimentos argilosos. Distribui-se mais pelos altos dos morros, por ser derivada de sedimentos que cobrem os primeiros. Apresenta a mesma sucessão de horizontes que a anterior, com uma distribuição de matéria orgânica mais profunda. Quimicamente, são solos semelhantes ao primeiro, porém de maior produtividade. A fração argila, também é caulinita associada à goethita, estando ausente a gibbsita.

Êsses solos são classificados na subordem Latossolo, mas, apesar de se definir a morfologia e a gênese assinalando-se os pontos de contacto entre as séries, não se procurou definir um Grande Grupo.

¹ Trabalho apresentado ao VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Belém, Pará, de 15 a 31 de julho de 1961. Recebido para publicação em 10 de fevereiro de 1962.

1 — INTRODUÇÃO

As séries monotípicas² são as principais unidades do levantamento detalhado que se processa no Vale do Paraíba. Esse trabalho, programado para toda a bacia sedimentar, já está completado desde o Município de Lorena até ao de Taubaté.

As unidades foram identificadas no levantamento de reconhecimento, quando se colheram os perfis para a sua caracterização. As descrições detalhadas da gênese, morfologia, química e física desses solos, foram descritas em outro trabalho (9). Neste estudo procuramos definir a amplitude de variação das propriedades marcantes da série, principalmente aquelas que mais interessam à sua identificação no campo, à classificação e à fertilidade.

A geologia representa um dos principais fatores de distribuição dos solos da bacia. Os sedimentos terciários depositados por fenômenos flúvio-lacustres, têm uma estratificação horizontal, quebrada por pequenos mergulhos locais, que representam acomodações dos sedimentos. Sobre esses estratos trabalhou a erosão, deixando quase intactas certas áreas, com a face sul de São José dos Campos, determinando uma orientação dos morrotes com cristas perpendiculares ao Rio Paraíba, como na zona sul de Pindamonhangaba; cristas paralelas àquele rio no contacto com o Pré-cambriano, quase plana em Roseira, ou ainda, pequenos tabuleiros na face sul de Lorena.

Essa erosão distribui os solos a certas alturas, provocando o aparecimento relativamente constante de litossequências. Em certos casos a erosão não só aprofundou os vales como também decepou morros, surgindo solos nas cumieiras que só aparecem na parte mediana das ladeiras.

As deposições não foram constantes ou por igual em toda a bacia, visto serem fenômenos flúvio-lacustres. As sedimentações segregaram áreas diferentes, surgindo solos com distribuições locais e relativamente bem definidas.

A drenagem da bacia também apresenta aspectos contrastantes. Em certas áreas, ela é densificada pela presença de lençóis argilosos próximos à superfície. Os solos moderadamente até os mal drenados sobem a encosta pelos canais de escoamento, até cotas elevadas do morrote. Na baixada, a falta de infiltração propicia a forma-

² No trabalho, a denominação série corresponde sempre à série monotípica.

ção de solos orgânicos. Em outras áreas, a sedimentação é mais grossa e o sistema de drenagem já é amplo, como na parte sul de São José dos Campos.

O Rio Paraíba, controlado nos fenômenos erosivos pelo "sill" à jusante, é meândrico, estabelecendo uma série de deposições que determinam um número elevado de tipos de solo. Este rio, nas suas escavações, deixou terraços nas margens da planície de inundação, determinando por sua vez outro grupo de solos.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta dos perfis, descrições e propriedades químicas e físicas, encontram-se em outro trabalho (9).

Para estudar a amplitude de variação das propriedades da cor e textura, foram determinadas durante o levantamento tradagens com anotações dessas propriedades de 20 em 20 cm, até 1 metro de profundidade. Em geral, cada tradagem representa duas das ocorrências do solo em mapa abrangendo 40 km².

As características de relevo e as altitudes da distribuição dos solos foram avaliados nos mapas de restituição aerofotogramétrica.

Os métodos de análise química do teor total dos solos são os empregados na Seção de Agrogeologia e descritos sumariamente em outros trabalhos (7, 8). Na separação dos colóides (com diâmetros efetivos menores que 0,002 mm) empregou-se o método de Medina e Grohmann (4) usado para a análise mecânica. Após o tratamento da amostra com solução de hidróxido de sódio e agitação, separa-se a fração areia grossa e fina com peneira de 325 "mesh", recolhendo-se a suspensão em cilindros de 1 litro. Depois de agitar, deixa-se decantar por tempo conveniente (24 horas), e aspira-se com trompa o líquido sobrenadante. O processo é repetido até que a suspensão fique transparente. O resultado das sucessivas extrações era precipitado com gotas CaCl₂ a 10% e lavado em filtros Pasteur-Chamberlain, até que o filtrado não desse reação a cloretos. A fração argila, seca e moída, para passar na peneira 100 mesh, era analisada por fusão e pelos raiox-X.

A fração argila foi analisada pelos raiox-X com o difratômetro da Norelco. Nenhuma técnica especial foi utilizada para evitar possível orientação preferencial das partículas. O valor máximo de 2θ,

analisado, foi de 60°, suficiente para o objetivo colimado. Os valores dos espaçamentos d , são determinados a partir do difratograma, e as intensidades determinadas exclusivamente pela altura dos picos correspondentes aos máximos difratados. Evitou-se, assim, medir as áreas em virtude da proximidade de alguns picos, que não chegavam a estar inteiramente individualizados em sua base.

A análise espectrográfica foi realizada em espectrógrafo de rede, distribuído pela Arl-Dietert, sobre o solo que passou na peneira de 2 mm ³. Com exceção do Na, K, Ca e Mg todos os demais metais alcalinos e alcalino-terrosos que não forem indicados, podem existir em concentrações menores que 1:1.000.000. Exceto os não sensíveis e os acima, os demais elementos não registrados podem se encontrar em teores menores que 1:100 000. As estimativas feitas na análise espectrográfica são semi-quantitativas.

Para estudo da variação da fertilidade, colheram-se amostras compostas (1) até a profundidade de 20 cm e, em geral, distribuídas pelas diversas regiões de ocorrência da unidade de solo. Os métodos analíticos empregados na caracterização química, são expostos por Paiva e outros (5), exceto o magnésio e fósforo solúvel em O₂SO₄ 0,05 N determinados segundo Catani e outros (1).

3 — SÉRIE MONOTÍPICA PINHÃO

Foi a primeira série definida no Estado de São Paulo, ponto inicial dos trabalhos de levantamento de solos. Seu nome deriva do Ribeirão Pinhão, que banha a Estação Experimental do Instituto Agrônomo, no Município de Pindamonhangaba.

Em diversas épocas foram colhidos os perfis de números 352, 359, 561, 782, 787 e o 715 (considerado como transição). O perfil 782 foi selecionado para o estudo das propriedades químicas, usando-se somente os horizontes (respectivas profundidades): A_{1p} (0-20 cm), B_2 (57-97 cm) e C_1 (128-165 cm).

Estes solos têm sua maior ocorrência no município de Pindamonhangaba, ao sul do Rio Paraíba, intensificando seu aparecimento ao norte das cidades de Aparecida e Guaratinguetá. Nos demais municípios eles aparecem esparsamente.

³ Trabalho executado pela química Maria Aguirre Gonzaga Cardoso, da Seção de Agrogeologia.

3.1 — FATORES DE FORMAÇÃO

O solo Pinhão aparece entre 530 a 600 m de altitude. Na região de Pindamonhangaba, sua cota está entre 560 a 600 m, diminuindo para 530 a 560 na região de Guaratinguetá. A topografia, em geral, é fortemente ondulada, com morrotes de cumieiras orientadas no sentido NS. Os lançantes da região variam entre 1 500 a 2 500 m e têm desníveis de 55 a 70 m. Os declives, em geral, são de 3 a 6%, mas localmente podem apresentar porcentagens maiores. As ladeiras têm inclinação constante, quebrada por canais naturais de escoamento das águas. Na região de Aparecida do Norte, a topografia é mais suave, mas a ocorrência desses solos também é pequena.

A drenagem tanto interna como externa do perfil é boa, sendo que a permeabilidade do horizonte A_3 é restringida por um certo adensamento de camada.

A erosão parece não atuar intensamente nesses solos, provavelmente pelo maior uso em pastagem.

Esses solos, foram primitivamente, cobertos com matas, mas, a cobertura vegetal dominante é a de pasto, normalmente de capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.). Algumas culturas esparsas são encontradas no Município de Pindamonhangaba.

A ação da saúva (*Atta* spp.) e cupim é intensa, principalmente nas pastagens. O primeiro organismo, ativo carreador de material do subsolo para a superfície, produz manchas não só modificando profundamente o perfil, como também alterando a fertilidade, para pior, e tornando irregulares as culturas. A ação do cupim é menos intensa, mas também pode alterar as camadas superficiais.

A série Pinhão está associada com solos que se desenvolvem sobre o mesmo material, porém influenciados pela água. São as séries Guatemala, moderadamente drenada, e a Goiabal, imperfeitamente drenada. Esta catena é denominada Pinhão. A seqüência de solos influenciados pela água, mas com materiais de outra origem, segue após a Goiabal.

Os estratos, que deram origem à série Pinhão, estão recobertos por outras camadas que originaram a série Pinda. A erosão expôs os sedimentos da série Pinhão nas encostas, enquanto que a Pinda ficou ocupando as partes altas. A primeira só ocupa a posição mais elevada, quando a erosão decepou as camadas superiores dos estratos.

Essa distribuição geológica de camadas formou uma sucessão de materiais nos declives que, associando-se aos sedimentos das baixadas, formaram topo-litosequências de constante distribuição geográfica. Encontram-se comumente as seqüências formadas pelas séries Pinda-Pinhão-Guatemala-Mosqueada, Pinda-Pinhão-Guatemala-Goiabal-Dourada e a similar à anterior, exceto que a aluvião (Dourada) é substituída por um solo Bog. Essa distribuição é encontrada na figura 1.

Como dentro dos estratos ocorrem bôlsas de materiais diferentes, são ainda encontrados solos com distribuição não relacionada com a topografia. São os casos das séries Polêmica e Ponte Alta.

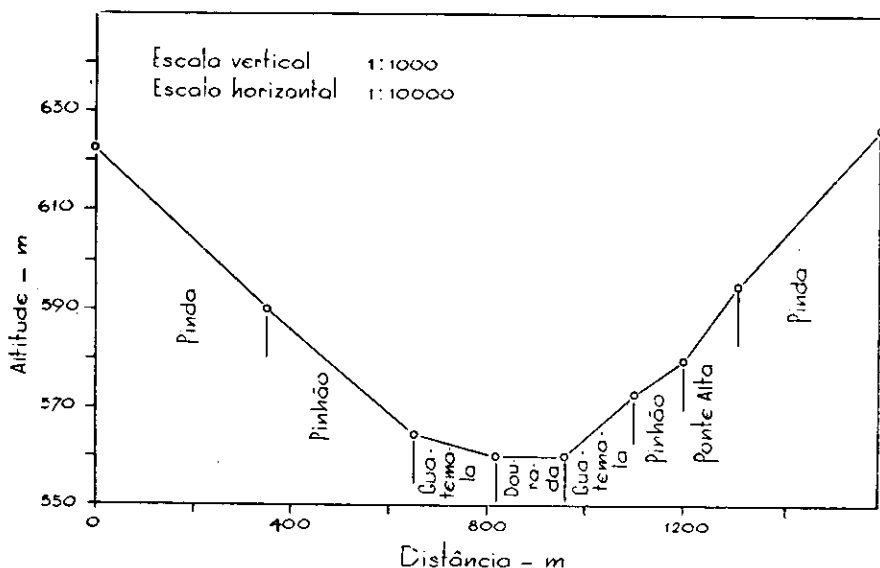


FIGURA 1. — Solos associados e distribuição topográfica da série Pinhão.

3.2 — MORFOLOGIA E FÍSICA DO SOLO

Os perfis 782 e 787 (9) apresentam os horizontes A_{1p} , A_3 , B_1 , B_2 , B_3 ou B/C , C . Não se registraram as subdivisões do A_1 porque não foram encontrados solos florestais.

O horizonte A_{1p} apresentou espessura de 17 a 20 cm, o A_3 de 25 a 31 cm, B_1 (quando identificado) de 17 cm, o B_2 de 40 a 43 cm, o B_3 ou B/C de 25 a 31 cm e o C em geral profundo, com 1,5 m. O "solum", portanto, tem 105 a 128 cm com um A de 37 a 47 cm.

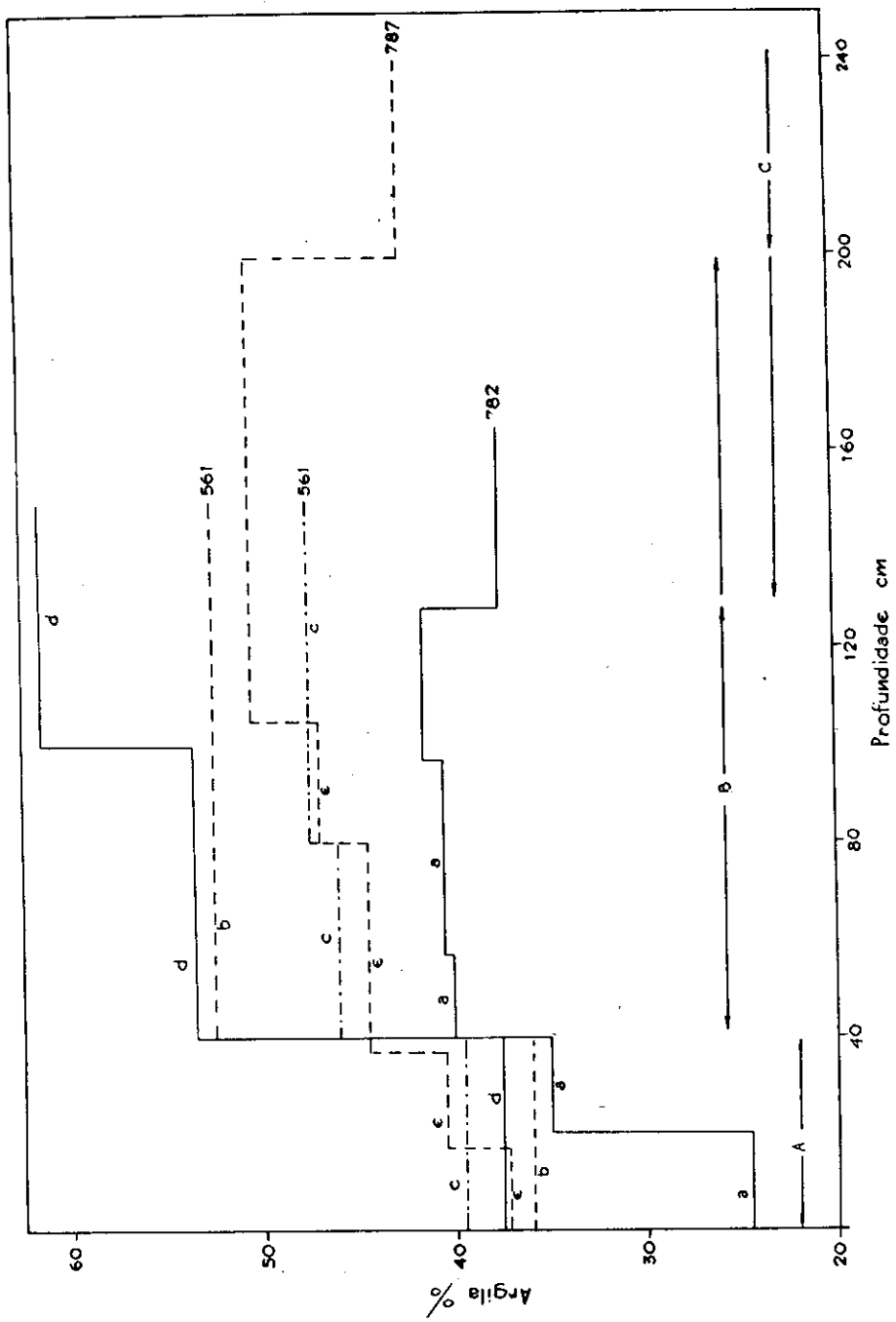


FIGURA 2. — Distribuição da argila em profundidade na série Pinhão.

A distribuição da argila em profundidade, está apresentada na figura 2. Os perfis 352 e 715 são transições para outras séries. Pelos dados apresentados, existe uma movimentação de argila com definição de um *B* textural. No caso do perfil 787, a máxima textura está localizada no horizonte determinado no campo como *C*. A côr e a estrutura, como veremos adiante, são constantes para o *B* nos perfis 782 e 787, mas o acúmulo de argila localiza-se em horizontes diferentes. Parece não haver concordância entre essas propriedades e a definição do *B*.

A textura barrenta do *A* passa a argilosa no *B*, porém, sem elevar o teor acima de 55%. O próprio perfil 782, apresenta uma textura areno-barrenta, mas julgamos, pela experiência de campo, ser devido a fenômeno local de transporte por enxurrada.

Em nove solos descritos simplesmente por tradagens, oito foram considerados barrentos nos 20 primeiros centímetros e um areno-barrento. Entre 20 a 40 cm de profundidade, três foram considerados barrentos e seis argilosos e nas demais profundidades todos eram argilosos.

No estudo da distribuição da côr em profundidade, tomou-se por base os perfis 782 e 787, bem como 19 sondagens colhidas de 20 em 20 cm até um metro e distribuídas por áreas bem diversas. Na figura 3 encontram-se os resultados que permitem estabelecer os seguintes limites:

0-20 cm — côres básicas 10 YR 3/3 e 7,5 YR 4/4, com limites 10 YR 3/2, 3/4 e 4/4, 7,5 YR 4/2.

20-40 cm — côr básica 7,5 YR 4/4 com limites 7,5 YR 5/4 e 5/6, 10 YR 4/4 e 3/4.

40-60 cm — côr básica 7,5 YR 5/6 com limites 4/4 e 5/8 e 10 YR 5/6 e 5 YR 4/8.

60-80 cm — côres básicas 7,5 YR 5/6 e 5/8, limites 4/4 e 5 YR 4/3 e 4/8.

80-100 cm — côr básica 7,5 YR 5/8 e limites 5/6, 5 YR 4/4, 4/8, 5/6 e 5/8.

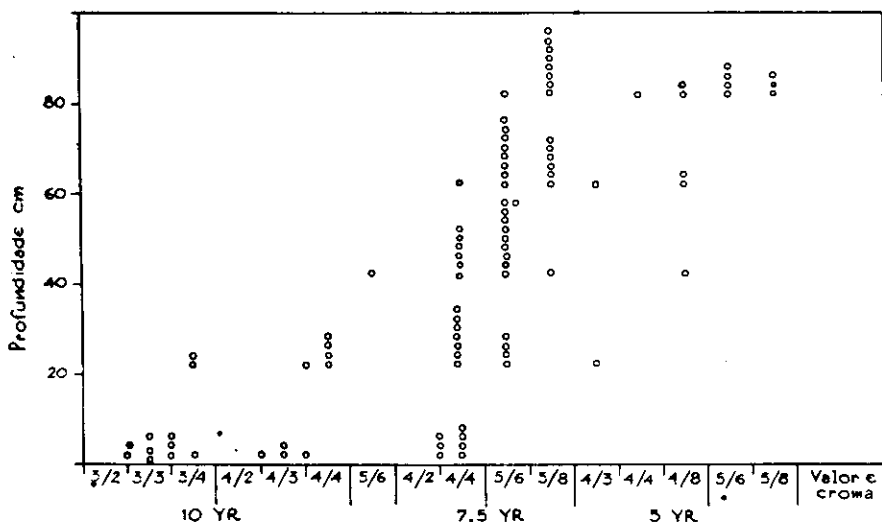


FIGURA 3 — Distribuição em profundidade das côres da série Pinhão, determinadas pela tabela Munsell.

Relacionando-se com os perfis, verifica-se que a tendência é da côr ficar mais vermelha em profundidade, atingindo a 2,5 YR. As côres 10 YR são as das camadas superficiais, 7,5 YR dominando no horizonte B, enquanto que 5 YR até 2,5, o horizonte C. Evidentemente, a erosão tem um papel importante, ao trazer as côres mais vermelhas para a superfície. Esta variação de côres também permite estabelecer, que o horizonte B possa ser definido como colorido.

O perfil 782 repousava sobre uma cascalheira com restrição do desenvolvimento do perfil em profundidade, o que não é encontrado no perfil 787. Admite-se, assim, que no primeiro caso a distribuição de argila em profundidade, seguiu a coloração dos horizontes devido ao pequeno tamanho do perfil. A estrutura em todo o perfil é subangular e a prismática só se desenvolve na região B, quando a exposição do solo é antiga.

Os limites dos horizontes, vão desde claro a difuso, mantendo, portanto, transições entre êles. Quanto à topografia, tôdas eram planas, mas houve um A_3/B_1 , que era irregular. Os perfis apresentavam pequenos seixos rolados de quartzito e no perfil 787 seixos lateríticos.

3.3 — QUÍMICA

Os solos Pinhão (9) têm baixos teores em bases trocáveis, são ácidos e com altos teores de H^+ e Al^{+3} em todo o perfil.

Para o estudo de fertilidade foram colhidas 14 amostras compostas nas áreas em levantamento. Os dados químicos encontrados são os seguintes:

DETERMINAÇÕES	<i>Limite inferior</i>	<i>Limite superior</i>	<i>Média</i>
pH	4,70	5,30	4,93
C, %	1,34	2,14	1,78
N, %	0,10	0,18	0,13
Ca ⁺⁺ , e.mg/100 g solo	0,12	1,61	0,78
Mg ⁺⁺ , e.mg/100 g solo	0,02	0,75	0,32
K ⁺ , e.mg/100 g solo	0,08	0,39	0,19
Al ⁺³ , e.mg/100 g solo	2,30	4,50	3,40
H ⁺ , e.mg/100 g solo	6,40	12,80	8,70
T e.mg/100 g solo	10,50	18,00	13,40
PO ₄ ⁻³ e.mg solúvel em H ₂ SO ₄ 0,05 N (*)	0,01	0,07	0,04
V, %	2,0	16,60	9,40

Verifica-se como nos dados obtidos no perfil, baixos teores em nutrientes de plantas e acidez. Em ensaios de vasos, Gargantini (2) verificou que êsses solos reagem principalmente a fósforo, verificando também a ação, menor, do nitrogênio e do potássio. A calagem pouco efeito produziu.

No quadro 1 apresentamos a composição total do solo, a composição da fração argila e o teor de elementos trocáveis e solúveis do perfil 782, nas camadas selecionadas para êste estudo.

A relação entre o teor total e o teor trocável estabelece que o K₂O varia de 25,5 no horizonte A_{1p}, para 85,7 no horizonte B₂ e 144,4 para o horizonte C₁. Esta variação em profundidade, é devida ao acúmulo de potássio trocável na superfície, pela vegetação. Êste solo tem um pequeno teor potencial ⁴ de cêrca de 2,5 e. mg/100 g. Estabelecendo a mesma relação para o Na₂O, verifica-se que ela varia em profundidade de 29,0, 36,0 e 76,0 pelas mesmas razões que o

⁴ Diferença entre o teor total e o trocável.

QUADRO 1. — Características químicas do perfil 782, da série monotípica Pinhão

Óxidos	Análise total do solo nos horizontes			Análise do teor trocável nos horizontes			Análise da fração argila nos horizontes		
	A _{1p}	B ₂	C ₁	A _{1p}	B ₂	C ₁	A _{1p}	B ₂	C ₁
SiO ₂	% 74,80	% 69,50	% 71,00	% —	% —	% —	% 33,00	% 32,60	% 32,60
Al ₂ O ₃	13,30	18,20	17,60	—	—	—	39,90	39,10	39,00
Fe ₂ O ₃	3,00	3,80	3,80	—	—	—	7,20	8,60	8,60
TiO ₂	0,70	0,80	0,70	—	—	—	0,90	1,10	1,20
K ₂ O	0,12	0,12	0,13	0,0047	0,0014	0,0009	—	—	—
Na ₂ O	0,09	0,09	0,19	0,0031	0,0025	0,0025	—	—	—
CaO	0,17	0,17	0,17	0,0121	0,0104	0,0112	—	—	—
MgO	0,20	0,20	0,20	0,0002	0,0006	0,0006	—	—	—
MnO	traços	traços	traços	—	—	—	traços	traços	traços
P ₂ O ₅	0,03	0,04	0,04	0,0090	0,0036	0,0043	—	—	2,10
H ₂ O—	0,60	0,80	0,70	—	—	—	1,70	2,30	10,40
H ₂ O+	6,70	6,30	—	—	—	—	17,30	16,00	16,90
SOMA	99,71	100,42	100,83	—	—	—	100,00	99,70	100,40

potássio. O teor potencial também é pequeno e da ordem de 2,9 e.mg/100 g.

As relações entre o CaO total e trocável apresentaram 14,0, 16,3 e 15,2 para os mesmos horizontes, não havendo variação em profundidade. O teor potencial é da ordem de 5,7 e.mg/100 g. No caso do MgO tais relações são 1000 (A₁), 333,3 (B₂) e 333,3 (C₁). O teor potencial está ao redor de 9,9 e.mg/100 g.

O fósforo, apresenta as relações em análise variando de 3,3, 11,1 e 9,3 para aqueles horizontes. O teor potencial é muito baixo, 1,3 e.mg/100 g. e, portanto, aliando-se às quantidades pequenas do trocável, o solo não possui fósforo, em nenhuma das formas, que satisfaçam às culturas. A baixa quantidade em nutrientes e acidez são características destes solos, necessitando sua correção para atender aos reclamos das culturas.

O estudo das relações moleculares encontram-se no quadro 2. O índice Al_2O_3/Fe_2O_3 no total praticamente permanece constante no perfil. Na fração argila êle decresce em profundidade, provavelmente porque parte do Fe_2O_3 não está na fração coloidal e, portanto, não é computado.

O índice SiO_2/Al_2O_3 diminui em profundidade para o total, enquanto permanece constante na fração argila. Há uma migração da fração argila em profundidade, acompanhada de óxido de alumínio, sempre constante, como indica a relação da parte coloidal. A admissão que não haja um deslocamento de colóides em profundidade, mas a destruição de silicatos de alumínio na superfície, não nos parece válida pela constância dos índices na fração coloidal. Deveria haver variações nesses índices, pela libertação de Al_2O_3 e eliminação da sílica.

As mesmas considerações anteriores são válidas para a relação SiO_2/R_2O_3 (5).

Em outro trabalho há indicações que o elemento menos suscetível a lavagem é o titânio (8). É interessante notar que no total a relação molecular Al_2O_3/TiO_2 aumenta em profundidade, indicando maior migração do Al_2O_3 . Essa relação cresce na fração argila em profundidade, mostrando que há também uma distribuição diferencial do titânio na forma coloidal.

5 R_2O_3 corresponde a $Al_2O_3 + Fe_2O_3$.

QUADRO 2. — Relações moleculares das séries Pinhão e Pinda, obtidas no teor total e na fração argila em vários horizontes.

Relações moleculares	Série Pinhão						Série Pinda					
	Teor total nos horizontes			Fração argila nos horizontes			Teor total nos horizontes			Fração argila nos horizontes		
	A _{pt}	B ₂	C ₁	A _{pt}	B ₂	C ₁	A ₁₂	B ₂	C ₂	A ₁₂	B ₂	C ₂
$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	6,9	7,5	7,3	8,7	7,1	7,1	6,5	5,6	6,0	6,8	6,2	6,3
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	9,5	6,5	6,8	1,4	1,4	1,4	5,4	3,0	3,0	1,7	1,6	1,5
$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	8,3	5,7	6,0	1,3	1,2	1,2	4,7	2,6	2,6	1,4	1,3	1,3
$\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$	14,9	17,8	19,7	34,8	27,9	25,5	14,4	16,3	16,5	15,1	17,7	19,5

1 R₂O₃ corresponde a Al₂O₃ + Fe₂O₃

Sendo o quartzo muito sensível à determinação pelos raios-X e não tendo sido identificado na fração argila, podemos admitir que toda a sílica determinada naquela fração corresponde aos silicatos de alumínio. Levando em consideração a porcentagem de argila em cada camada, verifica-se que o Al_2O_3 ligado à caulinita, único silicato de alumínio existente, corresponde a 6,8% no horizonte A_{1D} , 11,2 no horizonte B_2 e 10,4% no horizonte C_1 . Portanto, o óxido de alumínio (gibbsita) na fração coloidal é de 2,9%, 4,6% e 4,3% naqueles horizontes, A_{1D} , B_2 e C_1 . Nessas mesmas camadas, tal óxido em formação não coloidal corresponde a 3,5, 2,4 e 5,4%. Todos esses dados indicam que o Al_2O_3 migra na forma coloidal em profundidade e o não coloidal é de distribuição irregular.

Computando-se o ferro das argilas em relação ao teor total do solo, vamos encontrar 1,76, 3,48 e 3,23%, respectivamente nos horizontes A_{1D} , B_2 e C_1 . Comparando com o teor total, verificamos que, com exceção da camada superficial, todo o ferro está na fração coloidal..

Moniz (6) apresentou o seguinte relatório das análises pela difração dos raios X: "O mineral de argila encontrado em todas as amostras foi identificado como caulinita. Dispensaram-se outros métodos do já assinalado, para confirmar o resultado da difração, em face do material ter-se apresentado bem cristalizado, com número razoável de "reflexões", visto a pequena sensibilidade do método para as "reflexões" de intensidade fraca, e a presença de picos de formato agudo, sendo os mais intensos os da família 001. Estes dados afastam a possibilidade de tratar-se de halloysita pouco hidratada. Registrou-se, também, a presença de gibbsita nos três horizontes. O teor de ferro apresenta pouca variação, ocorrendo duas "reflexões" com espaçamento $2,69 \text{ \AA}$ e $2,42 \text{ \AA}$ no horizonte superficial, enquanto que no médio apresentou uma com $2,43 \text{ \AA}$. Tudo leva a crer que pertençam ao mineral goethita, porém não foi possível confirmar a sua presença, por ter havido a superposição do pico $4,18 \text{ \AA}$, o mais intenso, com a "reflexão" 111 da caulinita, que apresenta o mesmo espaçamento. No terceiro horizonte, mais profundo, não apareceu nenhum indício da goethita".

Os valores obtidos de d , espaçamento interplanar, com as respectivas intensidades da caulinita, são os seguintes:

6 Antonio Carlos Moniz, técnico da Seção de Agrogeologia.

Horizonte A_{1p}		Horizonte B_2		Horizonte C_1	
d/n (Å)	Intensidade	d/n (Å)	Intensidade	d/n (Å)	Intensidade
7,25	10	7,20	10	7,25	10
4,87 (*)	4	4,85 (*)	5	4,87 (*)	6
4,48	9	4,46	8	4,48	9
4,39	9	4,37	9	4,37	9
4,15	7	4,15	7	4,17	8
3,59	9	3,59	9	3,59	9
2,69 (**)	2	3,36	2	2,57	4
2,57	3	2,57	4	2,51	4
2,51	4	2,50	3	2,39	4
2,42 (**)	3	2,43 (**)	3	2,35	6
2,39	4	2,39	4	2,30	3
2,34	5	2,34	5	1,995	2
2,30	3	2,30	3	1,691 (**)	3
1,657	3	1,987	2	1,670	3
		1,659	2		

* Gibbsite. **Goethita

A análise espectrográfica do solo natural apresentou a estimativa dos elementos abaixo (7). Nessa apresentação foram eliminados os elementos determinados quimicamente.

ELEMENTOS	A_{1p}	B_2
B	++	++
Cu	+++	++++
Ni	+	—
Mn	++	++
Pb	—	+
Ga	++	++++
Cr	++	++++
V	++++	++++

Os elementos, apesar de ser processo estimativo, apresentam-se em quantidades maiores no horizonte B_2 , indicando uma movimentação em profundidade.

3.4 — CLASSIFICAÇÃO

Pelas características já apresentadas em outro trabalho (9) e os fenômenos estudados no presente, esta série se enquadra nos solos da

7 Sem sensibilidade, + traços muito leves, ++ traços, +++ teor baixo, ++++ teor regular e +++++ teor muito alto.

subordem Latossolo. Todos os índices indicam a translocação de óxidos de ferro e alumínio e minerais silicatados de rede 1:1 para as camadas profundas, sem ter sido verificada a presença de filmes de argila no horizonte B. Apesar de satisfazer o critério de horizonte B colorido, achamos que também é um horizonte textural. O horizonte A pode ser definido como proeminente.

Neste estudo ainda não se pretende definir Grande Grupo de Solo e as categorias intermediárias até séries.

4 — SÉRIE MONOTÍPICA PINDA

Foi inicialmente identificada na Estação Experimental de Pindamonhangaba, recebendo o nome abreviado da cidade.

Para o estudo dêsse solo foram colhidos os perfis 720, 721, 725 e 797, admitindo-se que o perfil 560, colhido antes do levantamento, também pertença a essa série. As descrições encontram-se em outro trabalho (9).

A distribuição geográfica, na área já levantada, é interessante. Aparece em uma faixa que partindo junto ao Pré-cambriano, entre Taubaté e Pindamonhangaba, atravessa a última cidade para o norte, prolonga-se pela margem esquerda do Paraíba até a cidade de Lorena. Sua distribuição por outras áreas é ocasional.

No perfil 720 (10) notou-se que a camada entre 58-90 cm apresentava-se escurecida. O mesmo fenômeno foi registrado em outro solo, P 766 (10). No primeiro caso admitiu-se o fator umidade e no segundo soterramento do perfil. Em 1959/60, em áreas propícias, foram encontrados solos com horizontes escurecidos, profundos, indicando migração de humus em profundidade, B_h, e que passaram a constituir as séries Paturi, Lorena e Cantagalo. Esta última tem toda a morfologia e textura da série Pinda e mais o horizonte B_h. Admitimos portanto, que algumas das áreas mapeadas como dêste solo, possam pertencer realmente à Cantagalo.

4.1 — FATÔRES DE FORMAÇÃO

Os sedimentos terciários que deram origem a êste solo, são argilosos. Êles recobrem e são por sua vez recobertos por sedimentos barrentos ou argilosos.

A topografia de ocorrência é similar à descrita para a série Pinhão, porém, em frente às cidades de Aparecida do Norte e Guaratinguetá surgem morros, cujos lançantes podem ter declividades até 10% e, localmente, mais. A sua distribuição está entre as cotas de 535 a 625 m, variando, no Município de Pindamonhagaba, de 565 a 625, e, em Guaratinguetá, de 535 a 570. Esparsos morros apresentam esta série até a cota de 650 m. É um solo de zona ondulada, com morros compridos e estreitos.

São solos bem drenados, tanto interna como externamente, e as suas propriedades hídricas são encontradas em outro trabalho (9). São pouco sujeitos à erosão, talvez por estarem predominantemente cobertos com pastos.

As condições climáticas (10) propiciam a cobertura vegetal de mata, porém a sua utilização em pastagens eliminou praticamente toda a cobertura arbórea. O perfil 725 foi colhido em mata que já sofrera alguma devastação e a comparação com os demais permite inferir a ação do homem. Esse fator eliminou os horizontes A_{00} e A_{01} , a diferenciação no (A_1 A_{11} e A_{12}) e, aparentemente, uma diminuição do horizonte A. Na figura 4 nota-se que a exploração do solo produz uma diminuição da matéria orgânica (expressa em carbono) até a profundidade de 1 metro.

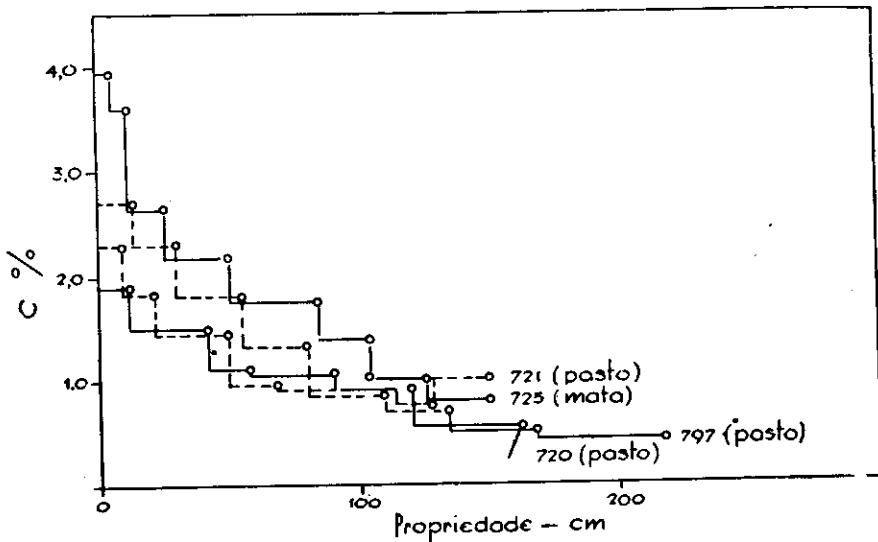


FIGURA 4. — Distribuição da matéria orgânica (C%) em profundidade na série Pinda.

A utilização em pasto intensificou a ação de saúvas e cupins, que perturbam as camadas e as invertem. Os organismos mais ativos são as saúvas, que trazem material do subsolo e distribuem-no pela superfície. Resultam grandes manchas avermelhadas que perduram durante muito tempo.

A litossequência com a série Pinhão já foi descrita anteriormente. Parece que os sedimentos da série Pinhão são, em certas áreas, substituídos por outros mais argilosos e formando a litossequência com a série Ronco. Em determinadas áreas, ao norte de Guaratinguetá e a noroeste de Pindamonhangaba, existem sedimentos sotopostos, barrentos ou argilosos, enriquecidos com matéria orgânica, que dão outras litossequências, sendo no primeiro caso a série Rapadura, apresentada na figura 5, e no segundo, a série Pilões. Essas litossequências, embora pouco comuns, têm interesse pelo alto teor de matéria orgânica no componente de cota mais elevada. Nesse caso, a partir do alto do morro, o teor de matéria orgânica diminui para as partes mais baixas, elevando-se novamente nos solos Bog ou Glei.

O associado topográfico, moderadamente drenado, é a série Gleba, que é seguida pela série Mosqueada (mal drenada), formando a catena Pinda, exposta na figura 5. Deposições locais produzem solos como as séries Ponte Alta e Polêmica, que se associam à Pinda.

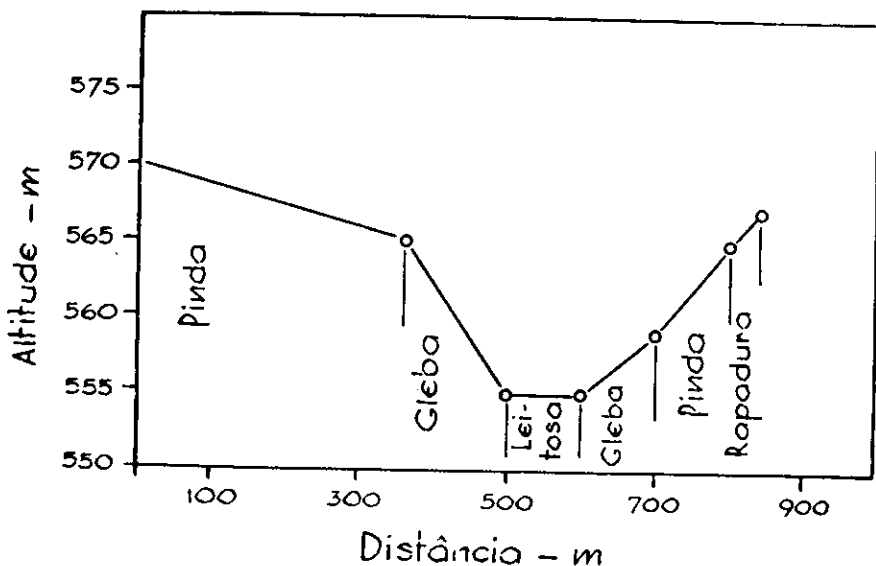


FIGURA 5. — Distribuição topográfica e litossequências da série Pinda.

4.3 — COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO

O solum, dentro dos nossos critérios, atinge à profundidade de 85 a 128 cm, sendo que o horizonte A concorre com 30 a 50 cm de espessura. O horizonte C pode ter espessura de 2 a 3 metros.

A distribuição em profundidade da fração argila está apresentada na figura 6. Apesar de certas tendências, não se encontrou um desenvolvimento de B textural e a delimitação do horizonte no campo parece estar precisa, pois as pequenas concentrações de argila correspondem à delimitação do B₂. A separação entre o B e o C se baseou principalmente nas características de côr, consistência e estrutura, pois os teores de argila não permitiam tal diferenciação.

O estudo de 14 sondagens, em pontos os mais diversos, indicam que, em 11, todo o perfil era argiloso e somente 3 apresentavam a superfície com textura de barrenta a argilosa.

A côr do perfil apresenta variações desde o 10 YR até o 5 YR. Tem a mesma distribuição da série Pinhão, isto é, as côres 10 YR dominam na superfície, o B possui tons de 7,5 YR e no C a coloração é 5 YR. Enquanto que no A e B o "valor" e o croma é até 4, o C apresenta côres vivas. Provavelmente o horizonte B deve ser classificado como do tipo colorido.

O estudo da côr em profundidade nas sondagens até 1 metro está apresentado na figura 7. A identificação no campo deve ser baseada na seguinte distribuição da côr:

0-20 cm — côr básica 10 YR 3/1, variando de 3/4, 2/2 e 4/3 até 4/4.

20-40 cm — côres básicas 10 YR 4/3 a 4/4 e 7,5 YR 4/2, variando de 10 YR 3/3 até 7,5 YR 4/4 e 3/2.

40-60 cm — côr básica 7,5 YR 4/4, variando de 10 YR 4/4, 4/2, 3/3 e 3/2 ou 7,5 YR 4/2 e 5/4.

60-80 cm — côr básica 7,5 YR 4/4, variando de 4/2, 5/4 a 5/6, até 10 YR 4/4, 5/4 a 5/6 e 5 YR 3/4, 4/3 e 4/6.

80-100 cm — côr básica 7,5 YR 4/4 a 4/2, variando de 5/4 a 5/8 e 5 YR 3/4, 4/3 e 4/6.

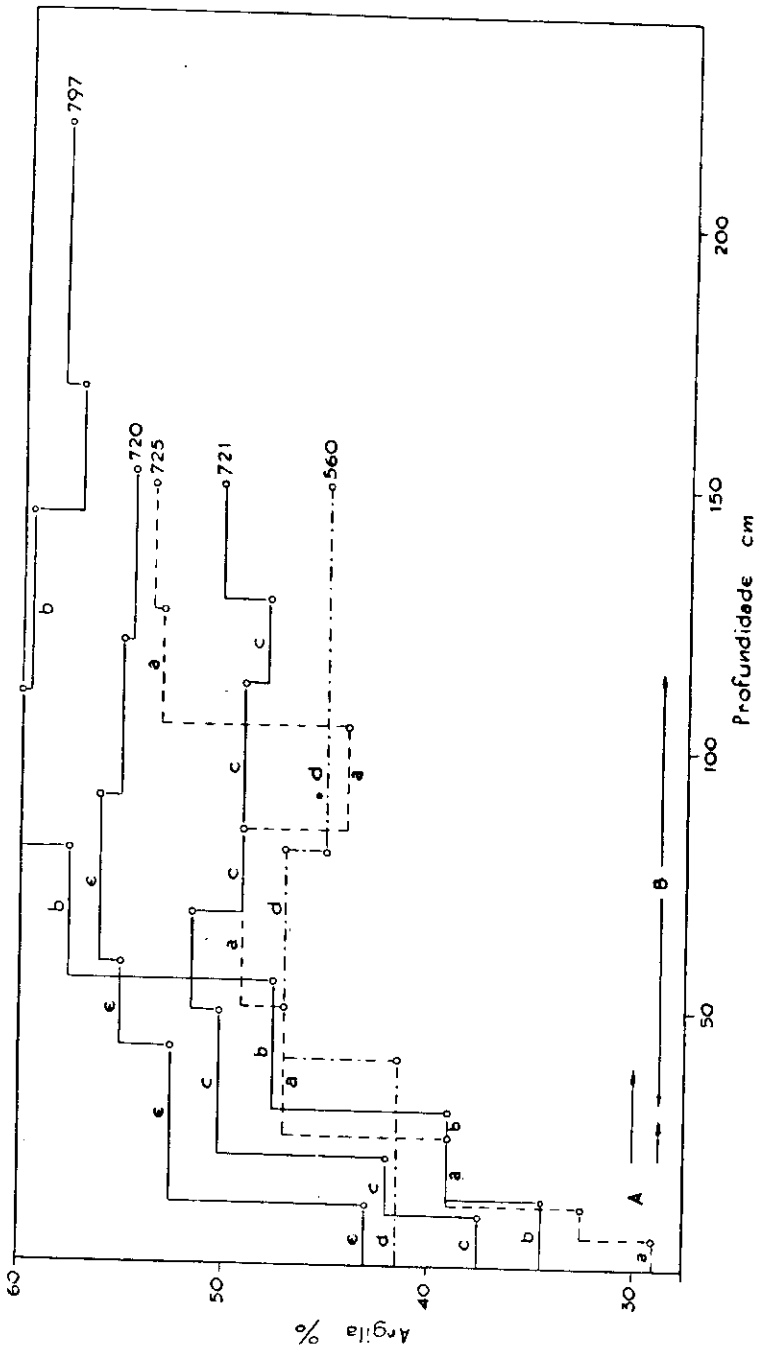


FIGURA 6. — Distribuição da argila em profundidade, na série Pinda.

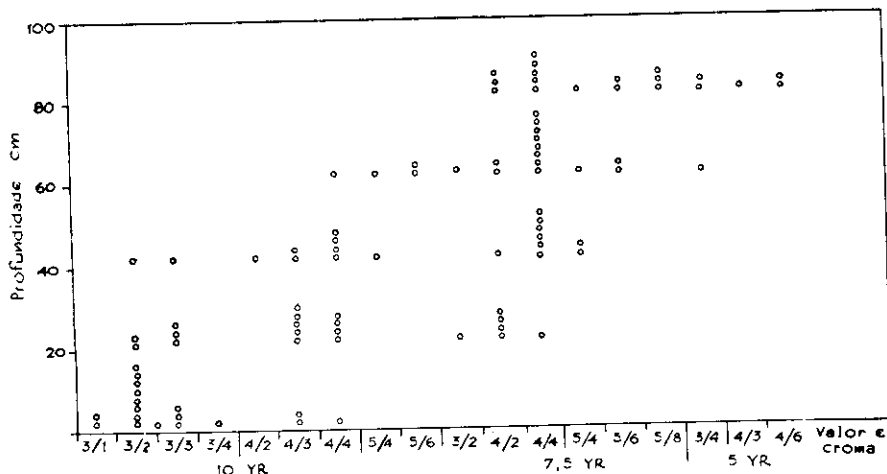


FIGURA 7. — Distribuição da cor até 1 metro de profundidade, na série Pinda

No horizonte A, a estrutura é granular a subangular, média a fina, variando para subangular média no B e granular muito fina, dando o aspecto de maciça, no horizonte C. Esta estrutura se assemelha muito à do horizonte C da terra-roxa. A estrutura prismática aparece no B quando êle está exposto ao ar durante algum tempo. Consideramos a estrutura como um dos principais elementos para definir os horizontes.

A topografia dos horizontes é plana, com exceção do A₁, que pode ser ondulada. Os limites entre os horizontes são de claro a gradual, sòmente divergindo o A, que é abrupto. Em geral, na ausência prolongada de cultivo, surgem na superfície grânulos de quartzo limpos, polvilhando a primeira camada.

Seixos lateríticos foram observados em um perfil, aparentemente como restos fósseis. É um solo poroso.

4.3 — COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO

As análises da composição total, da fração argila e das bases trocáveis foram estudadas no perfil 725, selecionando-se os horizontes A₁₂ (6-12 cm de profundidade), B₂ (50-84 cm de profundidade) e C₂ (126-150 cm de profundidade).

As amostras compostas, em número de 12, caracterizaram a fertilidade da seguinte forma:

DETERMINAÇÕES	<i>Limite inferior</i>	<i>Limite superior</i>	<i>Média</i>
pH	4,60	5,50	4,90
C, %	1,50	3,60	2,11
N, %	0,10	0,24	0,14
Ca ⁺⁺ , e. mg/100 g	0,10	2,34	0,89
Mg ⁺⁺ , e. mg/100 g	0,01	0,96	0,41
K ⁺ , e. mg/100 g	0,05	0,35	0,20
H ⁺ + Al ³⁺ e. mg/100 g	9,60	10,10	14,60
T, e. mg/100 g	10,90	23,90	15,90
V, %	1,80	20,00	9,30
PO ₄ ⁻³ solúvel em H ₂ SO ₄ 0,05N (*)	0,02	0,08	0,04

(*) Em 9 amostras.

Estes solos, como bem drenados, têm altos teores de matéria orgânica, são ácidos a muito ácidos e, conseqüentemente, apresentam baixos teores trocáveis em a e Mg e altos teores de acidez hidrolítica e de troca. O potássio trocável varia de teor médio a alto, apresenta alta capacidade de troca e baixo índice de saturação. O teor de fósforo solúvel é muito baixo.

Em ensaio de campo ⁸ verificou-se que a série Pinda reage bem à calagem, produzindo para o milho o mesmo efeito que uma adubação fosfatada, resultados também confirmados em vasos (2). As observações de experiências e de culturas, indicam possuir alta produtividade desde que corrigidos na fertilidade e, para certas culturas, também o pH.

A explicação que a calagem liberta fósforo assimilável às plantas é também sugerida pela análise do total, apresentada no quadro 3. O fósforo total é alto, provávelmente retido na matéria orgânica, donde pode ser mobilizado pela calagem.

A relação entre o teor total e o teor trocável para o K₂O, varia desde a superfície até a última camada em 30, 3, 143, e 629. Para o CaO é de 5,4, 11,0 e 37,0 enquanto para o MgO é de 22,4, 160, e 1 500. O aumento em profundidade das relações é explicado pelo acúmulo produzido pela vegetação que, extraíndo aquêles elementos das camadas inferiores, liberta-os após a morte das plantas, na superfície. Existem, portanto, teores potenciais de 3,8 a 18 e. mg de potássio, 9 a 12 de cálcio e 15 a 16 de magnésio, relativamente pequenos.

⁸ Trabalho não publicado.

QUADRO 3. — Características químicas do perfil 725, da série monotípica Pinda

Óxidos	Análise total do solo nos horizontes			Análise do teor trocável nos horizontes			Análise da fração argila nos horizontes		
	A ₁₂	B ₂	C ₂	A ₁₂	B ₂	C ₂	A ₁₂	B ₂	C ₂
SiO ₂	% 59,00	% 48,00	% 49,00	% —	% —	% —	% 35,80	% 33,40	% 33,20
Al ₂ O ₃	18,40	27,00	27,40	—	—	—	36,70	36,20	37,30
Fe ₂ O ₃	4,40	7,60	7,20	—	—	—	8,40	9,20	9,20
TiO ₂	1,00	1,30	1,30	—	—	—	1,90	1,60	1,50
K ₂ O	0,18	0,20	0,88	0,0033	0,0014	0,0014	—	—	—
Na ₂ O	0,04	0,04	0,08	—	—	—	—	—	—
MgO	0,35	0,32	0,30	0,0156	0,0022	0,0002	—	—	—
CaO	0,42	0,40	0,26	0,0777	0,0362	0,0073	—	—	—
MnO	0,03	0,03	0,01	—	—	—	traços	traços	traços
P ₂ O ₅	0,11	0,10	0,10	0,0006 ¹	0,0003 ¹	0,0003 ¹	—	—	—
H ₂ O—	2,40	2,50	2,30	—	—	—	3,20	2,80	3,30
H ₂ O+	13,60	13,00	10,60	—	—	—	13,60	16,30	15,10
SOMA	99,93	100,49	99,43	—	—	—	—	—	—

¹ P₂O₅ solúvel pelo H₂SO₄ 0,05 N

As relações moleculares, apresentadas no quadro 2, indicam uma diminuição para $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ em profundidade no total e praticamente constante na fração argila. Esses dados sugerem um certo acúmulo de alumínio na superfície em relação ao ferro, que é mais arrastado em profundidade. O inverso dessa tendência apresentou a série Pinhão, indicando a análise de raios X, a ausência de goethita na camada mais profunda.

A relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ diminui em profundidade no teor total e aparentemente também na fração argila. Há uma movimentação de silicatos de alumínio em profundidade, acompanhada também de Al_2O_3 , para explicar a diminuição da relação na parte argilosa. O mesmo fenômeno é indicado pela relação $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$.

Para o $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ a relação cresce em profundidade. É admitido que o TiO_2 apresente menor mobilidade que os demais óxidos, o que se confirma por esses dados. Tendo a superfície menor quantidade de TiO_2 , aquela movimentação é mais enérgica do que apresentada pela relação. Na fração argilosa a relação aumentando indica que maiores quantidades desse composto passou para a argila, que nas camadas superficiais.

Baseado na análise dos raios X, onde não foi determinada a presença de quartzo em dimensões coloidais, aceita-se que todo o SiO_2 da fração argilosa esteja na forma de caulinita, como o único mineral silicato de alumínio encontrado. Relacionando-se com o teor de argila e na sua composição, a quantidade de Al_2O_3 naquela forma é de 10,13% na camada A_{12} , 15,83% no horizonte B_2 e 16,95% no horizonte C_2 . Relacionando-se com o teor de Al_2O_3 da fração argila, verifica-se que não existe Al_2O_3 livre no horizonte A_{12} , na ordem de 4% no B_2 e 4,9% no C_2 . A ausência de gibbsita determinada pelos raios X, confirmam essas quantidades baixas. Por outro lado, a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ do horizonte superficial deveria ser 2 quando na realidade é 1,7.

Comparando com o teor de Al_2O_3 na análise do total, a sua forma não coloidal corresponde a 6,5, 8,4 e 7,5%, respectivamente para o A_{12} , B_2 e C_2 . O emprêgo dos mesmos cálculos para o Fe_2O_3 apresenta-o na forma coloidal de 2,73, 4,74 e 4,92% e não coloidal de 1,7, 2,9 e 2,3%, respectivamente para as três camadas a partir da superfície.

Todos esses dados, portanto, indicam a movimentação de óxidos em profundidade.

O relatório⁹ da análise dos raios X apresentou o seguinte resultado: "O único mineral de argila encontrado nos três horizontes foi o caulinita. A gibbsita não foi registrada em nenhuma das amostras, mas tôdas elas apresentaram indícios de goethita, sendo a composição em Fe_2O_3 constante em todos os horizontes". Os valores dos espaçamentos interplanares da caulinita são os seguintes:

Horizonte A_{12}		Horizonte B_2		Horizonte C_2	
d/n (Å)	Intensidade	d/n (Å)	Intensidade	d/n (Å)	Intensidade
7,20	10	7,20	10	7,25	10
4,46	9	4,44	8	4,46	9
4,35	8	4,13	8	4,35	7
3,59	9	3,59	9	4,17	8
2,64 (*)	1	2,66 (*)	1	3,59	9
2,57	4	2,56	4	2,66 (*)	1
2,50	4	2,51	4	2,57	4
2,42 (*)	3	2,42 (*)	4	2,50	4
2,38	4	2,34	4	2,41	4
2,34	5	1,673	3	2,35	4
2,30	2			1,688	3
1,673	1			1,667	3

* Goethita

A análise espectrográfica apresentou a seguinte estimativa:

ELEMENTOS	A_{12}	B_2
B	+++	+++
Cu	++++	++++
Mn	+++	++
Pb	+	+
Ga	+++	+++
Cr	++++	++++
V	++++	++++

+ Traços muito leves +++ Teor baixo
 ++ Traços ++++ Teor regular

É previsível que êsses solos possam sofrer deficiências de elementos menores, desde que colocados em cultivo intensivo. No Vale já é conhecida a deficiência de Co, nos animais.

⁹ Vide anotação 6.

4.4 — CLASSIFICAÇÃO

Na fração argila, domina silicato de alumínio da rede 1:1 (caulinita), associada com óxidos de ferro (goethita) e pouco de alumínio. O horizonte B é enquadrado dentro do B colorido e em alguns casos com pequeno desenvolvimento textural. Aparentemente, como na série Pinhão, os óxidos de ferro se difundem mais profundamente que os compostos de alumínio. Apresenta uma sucessão de camadas A₁₁, A₁₂, A₃, B₁, B₂, B₃ e C, cujas características diferenciais são mais do ponto de vista de coloração, textura (entre A e B), consistência, penetrabilidade e estrutura.

São solos porosos e friáveis. Podem ser classificados como pertencentes à subordem Latossolo, sem se definir um Grande Grupo.

5 — CONCLUSÕES

As duas séries monotípicas estudadas, Pinhão e Pinda, têm as características gerais dos Latossolos. Apresentam um horizonte A friável, profundo, com estrutura granular ou subangular na superfície, passando a subangular, pequeno adensamento no A₃, um B colorido e na série Pinhão, também textural. A estrutura do B é prismática, mal desenvolvida e a subangular, forte. O horizonte C é caracterizado por côres vivas e, principalmente, pela estrutura subangular fina, pouco definida na série Pinhão, em virtude do maior teor de areia.

Os critérios de Latossolos apresentados por Kellog (3) encontram-se nestes solos, exceto o que indica ausência de horizontes de acúmulo por adição. Todos os nossos índices e análises parecem indicar movimentação de materiais em profundidade. A ausência da associação topográfica com laterita hidromórfica indica ser a movimentação de ferro e alumínio predominantemente dentro do solo, não se segregando em grânulos pisolíticos ou camadas, senão em poucos locais de escoamento da drenagem e de diferer ças litológicas.

As séries devem pertencer a um Grande Grupo com as características descritas. Esse Grande Grupo de Solo não será definido neste trabalho, aguardando maior número de dados sobre outras unidades similares.

SUMMARY

MONOTYPICAL SERIES OF TAUBATE BASIN

1 — PINHÃO AND PINDA

Both monotypical series were studied to determine the most important characteristics for their field determination and chemical, physical and morphological properties necessary for soil classification.

The Pinhão soil is originated from Tertiary sediments with horizontal stratification and exposed by erosion. It is located at the middle of the slopes. This well-drained upland soil forms a catena, litho-sequence and topo-litho sequences of relatively constant distribution. The profile has a deep A horizon and small B, both with little color variation within the layer. The texture is loam at surface and becomes clay at depth. The mineral plant nutrients are in low status. Kaolinite, goethite (?) and gibbsite are the most important components of clay fraction. The soil belongs to the sub-order Latosol.

The Pinda series has the same origin as Pinhão but its layers covers the latter. Its distribution is in the upper part of rolling topography and it forms catena, litho-sequence with the serie Pinhão and other soil. The horizon sequence is the same as Pinhão, but the organic content is higher, even at one meter deep carbon is around 1%. This property determines dark colors to the upper part of soil. The mineral plant nutrients are low; in the clay fraction kaolinite and goethite were found but gibbsite was absent. It is considered as a Latosol.

LITERATURA CITADA

1. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1955. 29 p. (Boletim n.º 69).
2. GARGANTINI, H. Levantamento da fertilidade de solos da Estação Experimental de Pindamonhangaba. *Bragantia* 17:[177]-193. 1958.
3. KELLOGG, C. E. Tropical soil. *In* International Congress of Soil Science, Amsterdam, 1950. Transactions v. 1:[1]-11. (Reprint).
4. MEDINA, H. P. & GROHMANN, F. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. Trabalho apresentado no VI Congr. Bras. Ciência do Solo, Salvador, Bahia, 1957. [A publicar].
5. PAIVA, J. E. (netto), CATANI, R. A., QUEIROZ, M. S. & KÜPPER, A. Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *In* Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1.º Rio de Janeiro, 1947. Anais. Rio de Janeiro, Soc. Bras. Sci. Solo, 1950. p. [79]-108.

6. VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. I — Elementos K, Na, Ca e Mg. *Bragantia* 19:[547]-565. 1960.
7. ————. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. II — Fósforo e manganês. *Bragantia* 19:[567]-577. 1960.
8. ————. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. III — Sesquióxidos, sílica e certas relações moleculares. *Bragantia* 20: 1961.
9. ————. HUNGRIA, L. S., RUSSO, R. (& outros). Solos da Bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). *Bragantia* 20:[43]-322. 1961.