

**GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE ALGUNS SOLOS DA
BACIA DO RIBEIRÃO DAS PALMEIRAS - MUNICÍPIO DE
RIO DAS PEDRAS**

GARIBALDI BATISTA DE MEDEIROS

Engenheiro Agrônomo

Tese apresentada ao Conselho Diretor dos Cursos Pós-Graduação da E.S.A «Luiz de Queiroz», para obtenção do título de «MAGISTER SCIENTIAE».

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro de 1971

A meus pais

e

irmãos

ofereço

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pela orientação e colaboração prestada na realização deste trabalho.

Prof. Dr. Antônio Carlos Teixeira Mendes, pelas sugestões e cessão do laboratório onde grande parte deste trabalho foi realizada.

Dr. Antônio Carlos Moniz pelas sugestões e cooperação na realização das análises química e de raios X, bem como na orientação dos cálculos.

Instituto Agronômico de Campinas pela permissão do uso dos laboratórios da seção de Agrogeologia.

Escola de Agronomia do Nordeste pela oportunidade do aperfeiçoamento.

Universidade Federal da Paraíba pela bolsa concedida.

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico pela complementação da bolsa de estudo durante uma parte do curso.

Ao Eng^o. Agr^o. Wanderley José de Melo pela revisão do texto.

Srs. Miguel Célio Hippólito e Pasqualino Tabai pela mimeografia da tese.

Funcionários do Departamento de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

Todos aqueles que de uma maneira ou outra cooperaram, direta ou indiretamente, para a elaboração do presente trabalho de pesquisa.

I N D I C E

página

1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 - <u>Terra Roxa Estruturada</u>	3
2.2 - <u>Latossol Vermelho Escuro-Orto (LVE-Orto)</u>	8
2.3 - <u>Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo (grupamento indiferenciado)</u>	10
3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	12
3.1 - <u>Material</u>	12
3.1.1 - <u>Solos</u>	12
3.1.2 - <u>Aparelhos utilizados</u>	13
3.1.2.1 - <u>Supercentrífuga</u>	13
3.1.2.2 - <u>Aparelho de raio X</u>	13
3.1.2.3 - <u>Análise térmica diferencial</u>	13
3.2 - <u>Método</u>	14
3.2.1 - <u>Trabalho de Campo</u>	14
3.2.2 - <u>Análise Mecânica do solo</u>	14
3.2.3 - <u>Análise da fração argila do solo</u>	15
3.2.3.1 - <u>Remoção dos sais solúveis, matéria orgânica e MnO₂ livre</u>	15
3.2.3.2 - <u>Remoção do óxido de ferro livre</u>	16
3.2.3.3 - <u>Dispersão e fracionamento da argila</u>	16
3.2.3.4 - <u>Preparo e montagem de amostras orientadas</u>	17
3.2.3.5 - <u>Reconhecimento dos argilo - minerais</u>	18
3.2.3.6 - <u>Determinação do potássio total e da capacidade de troca de cations</u>	19
3.2.4 - <u>Análise quantitativa dos minerais de argila</u>	19
3.2.5 - <u>Análise química do solo</u>	21

4 -	<u>CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DOS PERFIS DE SOLOS.....</u>	22
4.1 -	<u>Características do meio físico.....</u>	22
4.2 -	<u>Localização e descrição dos perfis de solos....</u>	24
5 -	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	31
5.1 -	<u>Análise mecânica do solo.....</u>	31
5.2 -	<u>Análise química do solo.....</u>	42
5.3 -	<u>Análise mineralógica da fração argila.....</u>	47
5.4 -	<u>Classificação de solos.....</u>	68
6 -	<u>CONCLUSOES.....</u>	70
7 -	<u>RESUMO</u>	72
8 -	<u>BIBLIOGRAFIA CITADA.....</u>	74

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos avermelhados, semelhantes a latossóis, profundos, com boa drenagem, e possuindo ótimas características físicas para a agricultura, mas que apresentam horizonte B textural, parece ser frequente na região de Piracicaba, Campinas e Botucatu.

Até 1960 nenhuma informação havia a respeito destes solos, a não ser alguns poucos dados morfológicos fornecidos pela COMISSÃO DE SOLOS (13). Com o início dos levantamentos de solos a níveis mais detalhados (RANZANI et al. 42), começaram a aparecer solos que anteriormente tinham sido mapeados e classificados como Latossol Roxo, ou como Latossol Vermelho Escuro-Orto, mas que não se enquadravam nestas unidades taxonômicas, uma vez que possuíam horizontes com características típicas de B textural.

Uma das situações agravantes apresentada por estes solos, além do pouco conhecimento que se tem a seu respeito, é a sua classificação e, conseqüentemente, o seu manejo. A classificação destas unidades pelos conceitos apresentados pela COMISSÃO DE SOLOS (13) é problemática, uma vez que não existe uma unidade taxonômica correspondente para os mesmos, ainda que a níveis generalizados tais como o grande grupo.

Uma das principais finalidades pretendidas neste trabalho será a de caracterizar perfeitamente alguns perfis per

tencentes a tais tipos de solo, que ocorrem no município de Rio das Pedras, e comparar suas características genéticas com um perfil típico de Terra Roxa Estruturada. Isto se faz necessário, pois, procedendo-se desta maneira, teremos: 1) a posição exata destes solos dentro da escala de intemperismo; 2) o grau de afastamento ou de aproximação em relação aos outros solos; 3) informações básicas de sua fração coloidal inorgânica.

Este trabalho, portanto, nada mais é do que uma tentativa de elucidar certos aspectos básicos no conhecimento, tanto analítico quanto taxonômico, destas unidades.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão bibliográfica se prenderá, principalmente, aos estudos genéticos e taxonômicos efetuados nos solos mapeados pela COMISSÃO DE SOLOS (13) e por DEMATTE et al.* na região de Rio das Pedras.

2.1 - Terra Roxa Estruturada

Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (13), até o presente momento, não se sabe com clareza como surgiu a expressão "Terra Roxa" para designar os solos provenientes de rochas eruptivas básicas. Sabe-se, porém, que esta surgiu no Estado de São Paulo e sua origem, provavelmente, se deva à particularidade de lembrar a cor roxa em determinados ângulos de observação e incidência dos raios luminosos.

SETZER (45), tomando como base o material de origem, esboçou uma primeira classificação das "Terras Roxas", dividindo-as em: Terra Roxa de Campo, Terra Roxa Misturada e Terra Roxa Legítima. No mesmo trabalho o autor salienta que a Terra Roxa Misturada possui um teor de areia bastante elevado, geralmente atingindo 40%, enquanto que a Terra Roxa Legítima apresenta uma porcentagem menor do que 40%.

PAIVA NETO et al. (39) fazem referências a diferentes composições mineralógicas entre Terra Roxa Misturada e Terra Roxa Legítima, subdividindo, esta última, em Terra Roxa Legítima proveniente dos produtos de decomposição antiga do magma diabásico e Terra Roxa Legítima, originada dos produtos de intemperismo da época atual. Esses mesmos autores consideram Terra Roxa Misturada como "aquele solo que, pela análise mineralógica, contém entre 10 e 60% de quartzo, isto é, nas frações: areia grossa (2 - 0,2 mm) + areia fina e limo (0,2 a 0,002 mm)".

Bramão e Dudal, citados pela COMISSÃO DE SOLOS (13) descrevem o "Low Humic Latosol" como sinônimo de Terra Roxa, sen-

(*) Demattê et al. Levantamento detalhado de solos da bacia do Ribeirão das Palmeiras (em andamento).

do que a referida Comissão de Solos supõe que aquêles autores referem-se à Terra Roxa Estruturada.

De acôrdo com SHERMANN e ALEXANDER (46), êstes solos são desenvolvidos de rochas básicas, desde os climas semiáridos até os subúmidos das regiões subtropical e tropical. Os solos normalmente são uniformes em sua composição química e mineralógica. Os minerais do grupo da caulinita perfazem mais do que 50% da fração argila.

Nos Estados Unidos, os solos que mais se assemelham à Terra Roxa Estruturada são os "Reddish Brown Lateritic Soils". Consultando o trabalho de NYUN e McCaleb (37), pode-se constatar que, embora êstes solos apresentam alguma semelhança morfológica com a Terra Roxa Estruturada, diferem quanto à reserva mineral, soma de bases permutáveis e teor de limo. Os mesmos autores, estudando as séries "Davidson" e "Hiwassee", na Carolina do Norte, classificadas como "Reddish Brown Lateritic Soils", encontraram valores para a soma de bases variando entre 0,58 e 10,53 e.mg/100 g de solo, ao passo que a Terra Roxa Estruturada estudada pela COMISSÃO DE SOLOS (13) possui, para a mesma propriedade, valores extremos de 5,9 e 25,4 e.mg/100 g de solo. A Terra Roxa Estruturada possui valores máximos, para o teor de limo, em tôrno de 20% enquanto as séries de solos supracitados apresentam teores máximos da ordem de 30%. De uma maneira geral, as séries estudadas por NYUN e McCaleb (37) apresentam a caulinita e halloysita, como minerais dominantes. Outros minerais, tais como hidromica, vermiculita, gibbsita, illita e montmorilonita, existem em pequenas quantidades. A montmorilonita ocorre em quantidades sempre abaixo de 5%. A alteração da biotita até a caulinita, através de sucessivos estágios, é sugerida por êstes autores como um mecanismo da síntese dêste argilo-mineral a partir da biotita.

No Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (13), as "Terras Roxas" são constituídas por duas

unidades taxonômicas distintas, pois a Terra Roxa Estruturada possui um horizonte B textural, enquanto que a Terra Roxa Legítima apresenta um horizonte B latossólico. Algumas das características morfológicas da Terra Roxa Estruturada segundo a COMISSÃO DE SOLOS são (13): cerosidade forte e abundante, revestindo os agregados que compõem a estrutura em blocos subangulares no horizonte B; pequena variação de cor entre os horizontes A e B, permanecendo o valor constante, e a cromatização aumentando duas unidades; textura "clay" tanto no horizonte A como no B, com maior concentração de argila no subhorizonte B₂₂ e diminuindo gradativamente para o horizonte C; plasticidade e pegajosidade diminuindo dos horizontes superiores para os inferiores; relativa dificuldade na identificação dos subhorizontes; grande variação de cor entre amostras secas em condições naturais e as mesmas depois de trituradas; grande estabilidade dos microagregados, sendo necessária a manipulação prolongada das amostras para o desaparecimento da sensação "areia" e apreciação real da textura no campo.

PAIVA NETO (38), trabalhando com solos classificados como Terra Roxa Legítima, situados na formação Serra Geral e procedentes do magma diabásico, assinala que os referidos solos possuem, em sua fração argila, caulinita, hidrargilita e são muito ricos em óxidos hidratados de ferro.

QUEIROZ NETO (41), pesquisando um perfil de Terra Roxa Estruturada (perfil RC-50), mostra que a ordem de importância para os minerais da fração argila do referido solo é a seguinte: caulinita, goetita, gibbsita e ilmenita. Salienta ainda que a caulinita mantém-se praticamente constante, porém a gibbsita aumenta em profundidade, o que se reflete pela diminuição nítida da relação Ki do horizonte A para o B.

A COMISSÃO DE SOLOS (13), ao tecer considerações sobre a análise mineralógica da fração argila da Terra Roxa Estruturada (perfil 29), assim se expressa: "na fração argila,

por difração dos raios X, no horizonte Ap observamos predomínio de quartzo seguido de minerais de argila do tipo 1:1; nos subhorizontes B₂₂, B₂₃ e B₃ ocorrem, nas mesmas proporções, minerais de argila do tipo 1:1 e óxido de ferro, aparecendo em menor proporção a gibbsita".

A série Chapadão, descrita por MELFI et al. (32) apresenta, logo após o horizonte de superfície, um horizonte iluvial rico em cerosidade, de aproximadamente 20 a 30 cm. Abaixo deste ocorre um horizonte latossólico típico, de grande espessura. Pela difração dos raios X, observaram a presença em todos os horizontes, de argilo-minerais do grupo da caulinita e hematita, surgindo a gibbsita em menor quantidade.

MONIZ e JACKSON (36), em pesquisas desenvolvidas em solos originados de rochas básicas (Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada, de São Paulo), encontraram predominância de caulinita e de gibbsita. À medida que o teor de gibbsita aumentava, estes autores verificavam que o solo tendia para Latossol Roxo. Tomando, portanto, o teor de gibbsita como um índice de intemperismo, estes pesquisadores verificaram que, quando tal teor superava a 10% o solo era um Latossol Roxo, enquanto que a valores inferiores a 10% o solo era uma Terra Roxa Estruturada. Além destes dois minerais, foi verificada a presença de mica e de vermiculita. A sequência de intemperização feldspato → mica → caulinita → gibbsita foi sugerida por estes autores.

HARDY e RODRIGUES (24) estudando a gênese de um "Reddish Brown Lateritic Soils", de ocorrência na Carolina do Norte, observaram que o feldspato da rocha foi completamente decomposto, sendo acompanhado por uma perda de bases e sílica total, com alguma separação de alumina, assim como de gibbsita. No último estágio a sílica livre, bem como a combinada, foram removidas, e grande parte da gibbsita foi ressilicatizada para minerais do grupo da caulinita, provavelmente halloysita.

ALEXANDER et al. (1) encontraram, em solo classifica- do como "Reddish Brown Lateritic Soils", predominância de cau- linita e gibbsita.

CADY (9), estudando uma sequência de solos derivados de rochas básicas, na Carolina do Norte, como no perfil "David son" da região de Bowan derivado de diorito, encontrou a cauli nita como sendo o mineral mais abundante na fração argila. Ob - servou, também, que os minerais ferromagnesianos e feldspatos foram completamente intemperizados até a uma profundidade de 474 centímetros.

TAMURA et al. (51), trabalhando em solos do Hawai, ob servaram que quando aumentava a precipitação pluviométrica, os minerais de argila de solos pertencentes ao "Low Humic Latosol" passavam do estágio de intemperização 10 (caulinita) para o es tágio 11 (gibbsita), enquanto a sílica era removida (JACKSON et al. 26). O aumento da gibbsita à medida que aumenta a preci pitação pluviométrica pode ser verificado através dos resulta- dos obtidos para diversos solos. Assim é que o "Low Humic La - tosol" apresenta teores entre 3 e 5%, que aumenta para 10% no "Humic Latosol" e se situa entre 25 e 33% no "Hidrol-Humic La- tosol". De uma maneira geral, o "Low Humic Latosol" apresenta, em sua fração argila, predominância de caulinita, ocorrendo também a hematita (15-25%), alofana (5-10%) e montmorilonita (5-15%).

SINGER (47) pesquisando a fração argila de solos ba- sálticos da Galiléia, Israel, encontrou uma composição minera- lógica grandemente influenciada pela quantidade de chuva. No Sudeste da Galiléia, onde a precipitação pluviométrica é de 400-500 mm/ano, a montmorilonita é o mineral de argila predomi nante, enquanto que a caulinita está em segundo lugar. Ao au - mentar a precipitação pluviométrica a quantidade de montmorilo nita, na fração argila, diminui e o teor de óxidos de Fe e Al aumenta. No Norte e Nordeste desta mesma região, onde a preci-

pitação pluviométrica é de 550 - 700 mm/ano, a maior parte da fração argila é constituída de caulinita ou halloysita, quartzo e óxidos amorfos de Fe e Al.

DE VILLIERS (17), estudando a série "Balmoral" (classificada como Udox), originada de rochas ígneas básicas, verificou dominância de sesquióxidos livres e minerais do grupo da caulinita na fração argila. Neste mesmo solo, a gibbsita está presente em quantidades acessórias.

2.2 - Latossol Vermelho Escuro-Orto (LVE-Orto)

De acôrdo com a COMISSÃO DE SOLOS (13), as principais características do Latossol Vermelho Escuro-Orto são: textura argila em todos os horizontes, com pequena acumulação no B₂₂; não produz efervescência com água oxigenada; a fração areia grossa é menor do que 15%; a saturação de bases nos horizontes A e B é de baixa a média, variando entre 8,8 a 42,4 % no horizonte A e de 13,9 a 33,2 % no B; o material de origem é principalmente o argilito.

Na fração argila, por difração dos raios X, foi observada em idênticas proporções dominância de quartzo, minerais de argila do tipo 1:1 e gibbsita nos horizontes A₁, B₂₁, B₂₂ e B₃. No horizonte C e camada D foram notados somente teores de quartzo e minerais de argila do tipo 1:1, sem haver dominância de um mineral sobre o outro.

O conceito de "Dark Red Latosol", emitido por Bramão e Dadal (COMISSÃO DE SOLOS, 13), diz que estes solos podem apresentar estrutura em blocos e ter filmes de argila no horizonte B. Estas características normalmente fogem do conceito modal do B latossólico, definido pela COMISSÃO DE SOLOS (13). Segundo a equipe de pesquisadores que compõem a citada Comissão, o conceito de LVE-Orto é mais estreito do que o de "Dark Red Latosol", não podendo ter, portanto, presença de cerosidade. Apesar desta afirmação, os perfis de números 39 e 42 apre-

sentam cerosidade no horizonte B e, principalmente no B₃ do perfil 42, onde esta característica está bem evidente.

De acôrdo com o trabalho de SETZER (45), o Latossol Vermelho Escuro-Orto está incluído entre os solos que constituem o grupo 9. Por outro lado, no trabalho de PAIVA NETO (39) o LVE-Orto pertence ao grupamento denominado "solo glacial". Para os solos situados no glacial, êste autor observou, através da difração dos raios X, que a caulinita ocorre em quantidade elevada, aparecendo apenas traços de hidrargilita.

MELFI et al. (32), em estudos realizados na série Venda Grande, solo êste proveniente da decomposição de sedimentos de origem glacial, verificaram na fração argila, dominância de caulinita, seguida de gibbsita em pequena quantidade.

SOMBROEK (50) em seu livro "Amazon soils", apresenta o seguinte conceito geral para o "Dark Red Latosol": êste grupo inclui solos muito profundos e fortemente intemperizados, bem drenados e permeáveis, com côres das camadas não superficiais que comumente têm matriz avermelhado, valor baixo e cromina alta. Os solos são de textura variável, mas com no mínimo 15% de argila no horizonte E. Os perfis são bem desenvolvidos, tendo uma sequência ABC de horizontes. As transições entre eles são graduais ou difusas. O horizonte B é um horizonte latossólico. A fração argila é composta principalmente de caulinita e óxidos de ferro livre. Os solos têm uma macroestrutura moderada a forte. Normalmente não há nenhuma diferença textural entre os horizontes A e B.

DEMATTE e MONIZ (16), no estudo da série Guanium (Latosol Vermelho Escuro-Orto), originado de argilito-siltito, da formação Tubarão, constataram que o mineral dominante foi a caulinita, acompanhada de mica, material amorfo e gibbsita. Estes autores encontraram a seguinte sequência de intemperização: rocha → mica → caulinita → e material amorfo → gibbsita.

A EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO (19) descreve o Latossol Vermelho Escuro distrófico textura argilosa, fase cerradão, como sendo solos minerais, com B latossólico, saturação de bases baixa, com a capacidade de troca menor do que 6,5 e.mg/100g de argila (após correção para o carbono), horizontes argilosos, muito profundos, acentuadamente drenados a bem drenados, muito porosos, coloração predominantemente vermelho escuro, ácidos, com uma relação B/A da ordem de 1,0 e relação Ki em torno de 1,5. Segundo esta mesma equipe, estes solos estariam enquadrados no grande grupo Acrústox.

O solo descrito e classificado pela COMISSÃO DE SOLOS (13), no trabalho "Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região sob Influência do Reservatório de Furnas" como Latossol Vermelho Escuro fase floresta tropical sempre-verde, corresponde, precisamente, aos solos compreendidos sob a designação Latossol Vermelho Escuro-Orto, mapeados no Estado de São Paulo.

2.3 Regossol "intergrado" para Podzólico Vermelho Amarelo (Grupamento indiferenciado).

O conceito geral desta unidade, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (13), se apresenta como a seguir: "são solos profundos, de textura muito leve, acentuadamente drenados, de cor geralmente vermelho amarelado, com sequência de horizontes A, B e C, originados a partir de arenitos, de fertilidade baixa, ácidos e muito susceptíveis à erosão.

De uma maneira geral, estes solos apresentam as seguintes características: o valor e croma do horizonte B são mais elevados do que no A, respectivamente em uma e quatro unidades; observa-se uma espécie de mosqueado esbranquiçado, originado por pontos de areia lavada, especialmente no horizonte A; a separação de horizontes e subhorizontes é determinada mais pela cor do que pelas demais características morfológicas; observa-se também, no horizonte A e primeiros subhorizon-

tes do B, pontuações pretas de carvão, devido às queimadas que atingem as raízes; difícil separação de subhorizontes e relativamente mais fácil separação de horizontes; transição clara entre horizontes e difusa entre subhorizontes; e textura variando de "loamy sand" a "sandy loam" ao longo do perfil. A saturação de bases normalmente é baixa no horizonte A (27 a 40%), aumentando com a profundidade do perfil. Nos subhorizontes mais profundos varia de 60 a 80%.

Na fração argila, por difração dos raios X, foi observada a predominância de quartzo e, em menores proporções, minerais de argila do tipo 1:1 e gibbsita; no B₂₃ o quartzo e os minerais de argila do tipo 1:1 se apresentam em proporções semelhantes, e no C foi notada a predominância de quartzo e, em menor proporção, minerais de argila do tipo 1:1.

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Material

3.1.1 - Solos

Para o presente trabalho foram utilizadas quatro unidades de solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras, município de Rio das Pedras. As unidades selecionadas foram denominadas de acordo com as siglas do nome da bacia hidrográfica acompanhadas do número do perfil, como a seguir: RP₂, RP₅, RP₇ e RP₈ (Demattê et al).^{*} Somente as unidades RP₅, RP₇ e RP₈ se encontram em uma mesma topossequência como ilustra a figura 1 que apresenta, ainda, a relação dessas três últimas unidades de acordo com as respectivas distâncias e altitudes. Também, no mesmo desenho esquemático, encontra-se o traçado representativo de uma linha de pedras nas unidades RP₇, RP₈ e RP₅.

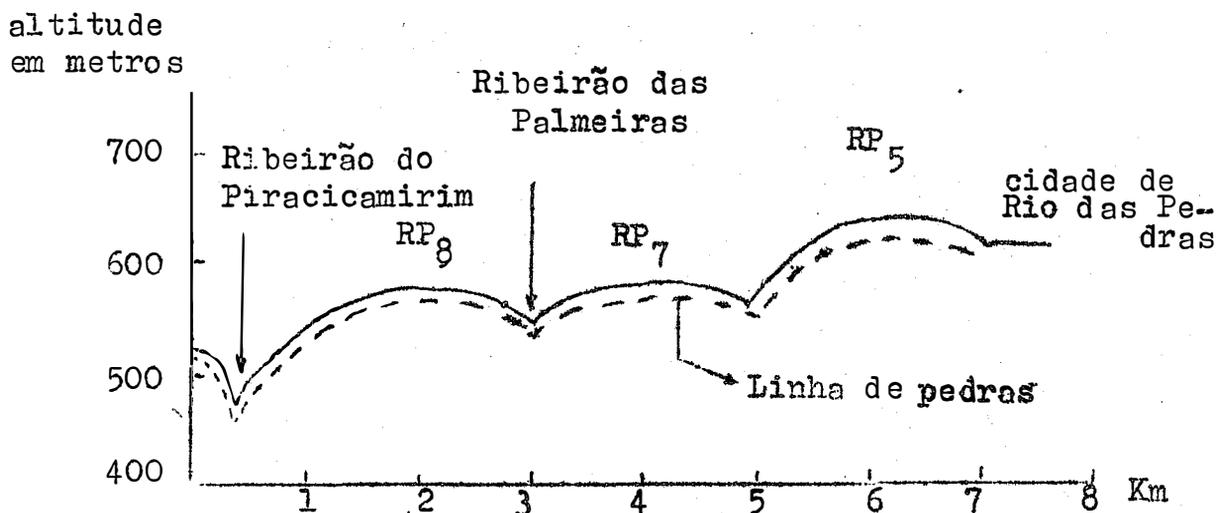


Figura 1. Corte transversal mostrando a sequência de solos RP₈, RP₇ e RP₅.

^(*)DEMATTE et al. Levantamento detalhado de solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras - Rio das Pedras - SP (em andamento).

3.1.2 - Aparelhos utilizados

3.1.2.1 - Supercentrífuga

A fração argila (diâmetro inferior a 2μ) foi subdividida em argila grossa ($2 - 0,2\mu$) e argila fina (menor do que $0,2\mu$) pela utilização de uma supercentrífuga de laboratório, tipo aberto, modelo T - 1, impelida por turbina a ar, fabricada pela Sharples Co. (Filadelfia, U.S.A.). Os raios do cilindro, corrigidos para a espessura de $0,013\text{cm}$ do revestimento plástico são $r_1 = 2,20\text{cm}$ e $r_2 = 0,818\text{cm}$.

3.1.2.2 - Aparelho de raios X

As análises difratométricas foram realizadas nos laboratórios de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas pelo emprêgo de um aparelho NORELCO, fabricação Philips Electronic Instruments, New York, U.S.A. A fonte de radiação foi um tubo de cobre com um filtro de níquel, a unidade de força trabalhou com 35KW e 20mA ; a velocidade de varredura foi de $2^\circ/\text{min}$ e a velocidade do papel de $4^\circ/\text{polegada}$; o contador Geiger operou com voltagem de 1500V .

3.1.2.3 - Análise térmica diferencial

As análises térmicas diferenciais foram obtidas nos laboratórios da Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas, fazendo-se uso de um aparelho Deltatherm, fabricado pela Technical Equipment Corporation, dotado das seguintes características: unidade básica com registro eletrônico de quatro canais; controle de incremento de temperatura $2-20^\circ\text{C}/\text{min}$; dispositivo automático para limitação da temperatura; mufla, tipo tubo vertical, temperatura máxima de operação 1250°C ; porta amostras com 9 cavidades.

3.2. - Método

3.2.1 - Trabalho de campo

Para a demarcação dos perfis representativos procedeu-se, preliminarmente, uma excursão exploratória na área da Baía do Ribeirão das Palmeiras tendo como finalidade a obtenção de uma idéia generalizada dos solos. Posteriormente foi estabelecida a programação do itinerário a ser percorrido, escolha dos locais para estudo, coleta de amostras e exame das características morfológicas.

Constatadas as áreas de ocorrência das unidades, foram selecionados os perfis representativos ou os mais próximos destes. As amostragens e descrições morfológicas foram feitas logo a seguir tendo como base, principalmente, as recomendações de RANZANI (43). Nas unidades RP₅, RP₇ e RP₈ foi utilizado o trado para a coleta de amostras dos horizontes a profundidades maiores do que 2 metros.

No laboratório, as amostras foram secadas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de malha e, logo após, catalogadas e guardadas em recipientes apropriados.

3.2.2 - Análise mecânica do solo

Na determinação das classes de separados do solo foi empregado o método descrito por JEFFRIES e JACKSON (30), com algumas modificações. Foi utilizada uma amostra de 10 gramas de TFSA a qual foi colocada dentro de um copo de metal com água destilada. Ao conteúdo do copo foi adicionada uma certa quantidade de NaOH até ser alcançado pH 9,0 ou próximo deste, procedendo-se em seguida, a uma agitação mecânica durante 10 minutos. Em sequência a essa operação, o material disperso foi transferido para proveta de 1000 ml submetendo-o, previamente, a um tamis de 0,05 mm de malha no qual ficou retida a fração areia, passando, conseqüentemente, as frações limo e argila.

À proveta de 1000 ml, contendo a suspensão de limo e argila, foi adicionada água destilada até completar o volume.

Uma vez completado o volume deixou-se a proveta em repouso por um período de 24 horas e, após esse tempo, a suspensão foi sifonada, até uma profundidade de aproximadamente 25 cm, para um balão de 6 litros. Novamente adicionou-se água destilada, em quantidade suficiente para atingir o volume da proveta, repetindo-se a operação como anteriormente. Essa operação foi levada a efeito até que o sobrenadante permaneceu incolor.

A fração argila, coletada para o balão de 6 litros, foi separada em argila grossa e argila fina por meio de uma supercentrífuga Sharples. A referida supercentrífuga operou com uma rotação de 30.000 rpm à razão de 470ml/min.

3.2.3 - Análise da fração argila do solo

3.2.3.1 -- Remoção dos sais solúveis, matéria orgânica e MnO_2 livre

Estas substâncias foram removidas pelo emprego do acetato de sódio, ácido acético glacial e água oxigenada como preconizado por JACKSON (28).

Uma amostra de 50g de TFSA, correspondente a cada horizonte, foi colocada em "beaker" de 1000 ml e lavada com uma solução de acetato de sódio 1N, pH 5, para a remoção dos sais solúveis. A amostra do solo, livre de carbonato e apresentando reação ácida, adicionaram-se 5 ml de água oxigenada a 30% permitindo-se reagir por alguns minutos, após o que colocou-se o "beaker" num banho-maria à temperatura de 60-75° C. . Decorridos 15 minutos adicionou-se uma segunda porção de 5 ml de água oxigenada a 30%. Outros 5 ml foram adicionados após novo intervalo de 15 minutos e, finalmente, mais 10 ml tampando-se o "beaker" / com um vidro de relógio deixando-o em banho maria por 2 a 4 horas. Em seguida, o vidro de relógio foi alçado e a amostra evaporada até uma pasta rala, tendo-se o máximo cuidado em evitar o secamento da referida pasta. A operação foi repetida para as amostras que ainda apresentaram reação de oxidação obedecendo-se aos mesmos princípios da operação anterior.

Ao ser concluída a eliminação da matéria orgânica a amostra foi lavada 3 vezes com uma solução de acetato de sódio N, de pH 5.

3.2.3.2 - Remoção do óxido de ferro livre

O método empregado para a remoção do óxido de ferro livre foi o descrito por JACKSON (28). Este método consiste no emprêgo do ditonito-citrato-bicarbonato de sódio, como a seguir: ao material livre de sais solúveis, MnO_2 livre e de matéria orgânica foram adicionados 40 ml de citrato de sódio 0,3M e 5 ml de bicarbonato de sódio M, aquecendo-se em banho maria até que, por contrôle da temperatura, constatou-se que a amostra atingiu a faixa de 75-80°C. Neste ponto, foi adicionado 1 gramo de ditonito de sódio, agitando-se constantemente a amostra durante cerca de 5 minutos. Após este tempo a amostra foi agitada, intermitentemente, por cerca de 10 minutos.

Em seguida, a amostra foi esfriada após o que adicionou-se uma solução de cloreto de sódio N para promover a floculação dos colóides. Passado um período de 24 horas, o sobrenadante foi sifonado e novamente adicionou-se cloreto de sódio até que o sobrenadante permaneceu incolor.

O tratamento com ditonito-citrato-bicarbonato de sódio foi repetido tantas vezes quantas se fizeram necessárias, para que a amostra não apresentasse indicio da presença de óxido de ferro dando-se, portanto, a sua completa eliminação.

3.2.3.3 - Dispersão e fracionamento da argila.

Concluídas as operações de remoção dos sais solúveis, da matéria orgânica, MnO_2 livre e óxido de ferro livre, procederam-se a dispersão e o fracionamento da argila.

A dispersão foi levada a efeito de acordo com o processo descrito por JACKSON (28). A fração areia total, isto é, partículas maiores de 50 μ foi separada por tamisagem. Um tamis de 0,05 mm de malha, acoplado em um funil, foi instalado num

suporte de modo que o material de diâmetro menor de 50μ foi coletado em uma proveta graduada de 1000 ml. Assim, a fração areia ficou retida passando para a proveta as frações limo e argila. O volume foi completado com água destilada e deixado em repouso.

Em seguida, obedecendo a lei de Stokes (40), foi calculado um tempo suficiente para que as partículas com diâmetro superior a 2μ alcançassem determinada profundidade e, então, procedeu-se a sifonação das partículas com diâmetro inferior a 2μ , ou seja, a fração argila. O volume da proveta foi novamente completado e após decorrido o mesmo intervalo de tempo, como calculado para a operação anterior, o material em suspensão foi sifonado para um balão de 6 litros. A sifonação foi repetida até que o líquido sobrenadante permaneceu incolor.

A fração argila, separada da maneira acima descrita, ainda foi fracionada em argila grossa ($2 - 0,2 \mu$) e argila fina (menor do que $0,2 \mu$), com o auxílio de uma supercentrífuga como em 3.2.2. Conseguida a separação, as subfrações da argila foram guardadas em recipientes de vidro devidamente etiquetados.

3.2.3.4 - Preparo e montagem de amostras orientadas.

Da suspensão de argila, fina e grossa, foram pipetadas alíquotas para tubos de centrífuga de 100 ml e procedida a saturação com K^+ e Mg^{++} de acordo com as recomendações de JACKSON (28). Em seguida, a fim de eliminar-se o excesso de cloretos, submeteram-se as amostras a uma série de lavagens com água e álcool nas seguintes proporções: (a) 100% de água; (b) 75% de água e 25% de etanol; (c) 50% de água e 50% de etanol; e (d) 100% de etanol.

Para testar a ausência ou presença do excesso de cloretos, foi feito um teste com nitrato de prata. Aquela amostra que apresentou sinais da presença de cloretos foi submetida a lavagens suplementares com etanol. Durante a realização destas lavagens, algumas amostras dispersaram e, a fim de flocu-

lar os colóides foi necessária a adição de algumas gotas de acetona.

Uma vez que o excesso de cloretos foi eliminado, teve início a preparação de lâminas para serem submetidas à difração dos raios X. A preparação das lâminas consistiu em coletar uma certa quantidade da amostra de argila e distribuir, uniformemente, sobre a lâmina de vidro para, logo após, fazer esfregaços do material de modo a provocar uma orientação preferencial das placas dos argilo-minerais, como preconizado por JACKSON (28).

As lâminas contendo argila saturada com K^+ , à temperatura de $25^\circ C$, foram levadas diretamente ao aparelho de raios X e irradiadas no intervalo de 2° a $28^\circ - 2\theta$ sendo denominadas "naturais". Posteriormente, estas mesmas lâminas foram aquecidas a $35^\circ C$ e $550^\circ C$, recebendo a denominação de "aquecidas" e irradiadas no mesmo intervalo que as demais lâminas.

As lâminas saturadas com Mg^{++} foram secadas na presença de glicerol, em quantidade suficiente, à temperatura não maior do que $35^\circ C$. Estas lâminas foram irradiadas no intervalo acima citado e denominadas "glicoladas"

3.2.3.5 - Reconhecimento dos argilo-minerais

O recurso de maior contribuição para o diagnóstico dos vários argilo-minerais foi a análise de difração dos raios X. Os modelos de difração dos raios X foram examinados, principalmente, segundo os espaçamentos interplanares utilizados na identificação dos argilo-minerais. Assim, é que para o grupo da caulinita o espaçamento foi de $7,2 \text{ \AA}$ (espaçamento eliminado com aquecimento a $550^\circ C$), 10 \AA para a mica (inalterado para todos os tratamentos), 14 \AA que é reduzido para 10 \AA após o aquecimento a $350^\circ C$, para a vermiculita. Pelo tratamento de glicolação a montmorilonita alcança um espaçamento de 17 \AA . Afora os argilo-minerais mencionados acima, é identificada a gibb-sita como mineral de argila interessante ao presente trabalho.

Este mineral produz um pico a $4,85 \text{ \AA}$, na amostra "natural" que é eliminado após o aquecimento da lâmina a 350° C .

A análise térmica diferencial foi empregada para fins de diagnóstico da caulinita e gibbsita. A caulinita é diagnosticada, através do termograma, pela presença de um pico característica de reação endotérmica deste mineral a aproximadamente 600° C . A gibbsita evidencia-se por apresentar um pico endotérmico a aproximadamente 300° C .

3.2.3.6 - Determinação do potássio total e da capacidade de troca de cations

Para a determinação do potássio total empregou-se o método proposto por JACKSON (27), que consiste no emprêgo dos ácidos fluorídrico, sulfúrico e perclórico à temperatura entre 200 e 230° C . O potássio foi determinado por fotometria de chama.

A capacidade de troca de cations da argila foi determinada por saturação do material com Ca^{++} e posterior substituição deste elemento por Mg^{++} , como propuseram ALEXIADES e JACKSON (2). Após a remoção do cálcio, a sua determinação foi efetuada por espectrofotometria de absorção atômica.

3.2.4 - Análise quantitativa dos minerais de argila

As determinações quantitativas da gibbsita, material amorfo e caulinita foram feitas pelo método da análise de dissolução seletiva proposto por ALEXIADES e JACKSON (). Em linhas gerais as determinações consistiram no seguinte: foram tomadas duas amostras da fração argila previamente saturadas com K^+ . Uma das amostras foi aquecida a 110° C e a outra a 575° C . Em seguida, uma quantidade de cada amostra pesando, aproximadamente, 100 mg foi colocada em um copo contendo solução de $\text{NaOH } 0,5\text{N}$, em efervescência. O material permaneceu fervendo por $2,5$ minutos após o que foi esfriado bruscamente e, logo após, filtrado.

A partir do filtrado procederam-se as determinações do SiO_2 e Al_2O_3 . Para o SiO_2 usaram-se o molibdato de amônio e áci-

do clorídrico enquanto que, o ácido clorídrico, o ácido tioglicólico e o aluminon fizeram parte da obtenção do teor de Al_2O_3 .

As quantidades de SiO_2 e Al_2O_3 relativas à gibbsita e dissolvidas a $110^\circ C$ foram subtraídas daquelas dissolvidas a $575^\circ C$ a fim de obter-se o SiO_2 e o Al_2O_3 correspondentes à caulinita.

A gibbsita foi calculada tomando-se por base um K_i médio igual a 2. Este valor, para o k_i , representa a média daqueles encontrados por DEMATTE (15) e ESCOBAR (20) ao trabalharem com a fração argila de alguns solos do Estado de São Paulo. O teor de gibbsita foi encontrado multiplicando-se a diferença entre o óxido de alumínio obtido e o calculado pelo fator 1,56.

O material amorfo presente na fração argila foi calculado pela soma de $SiO_2 + Al_2O_3 + 20\%$ de H_2O após a subtração da porcentagem do óxido de alumínio da gibbsita.

O método empregado na determinação da mica foi o preconizado por JACKSON (27). O conteúdo de mica na fração mineral foi calculado com base no teor de K_2O obtido, sendo que este equivale a 10% do teor de mica. Portanto, a fórmula resume-se na seguinte expressão: $\% \text{ mica} = \% K_2O \times 10$.

A determinação quantitativa da vermiculita foi obtida pelo método empregado por ALEXIADES e JACKSON () e calculada pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ vermiculita} = \frac{CTC(Ca/Mg) - CTC(K/NH_4)}{154} \times 100$$

A montmorilonita foi determinada pelo mesmo método empregado para a vermiculita e o cálculo do teor deste argilo-mineral fez-se através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ montmorilonita} = \frac{CTC(K/NH_4) - 5}{105} \times 100$$

3.2.5 - Análise química do solo

A determinação da capacidade de troca de cations dos solos foi obtida por fotometria de chama como proposta por GLÓRIA et al. (22). Submeteu-se, previamente, a amostra do solo a uma saturação com cálcio e, logo após, o excesso do reagente foi lavado. Em seguida, o cálcio foi deslocado do solo por meio da extração com solução normal de acetato de amônio, pH 7. Para as determinações do cálcio e do magnésio empregou-se o método do EDTA de acordo com as recomendações de GLÓRIA et al. (21). As determinações de K, H e Al foram conduzidas pelos métodos preconizados por CATANI et al. (11). O pH foi determinado com um potenciômetro "LEEDS & NORTHUP", usando-se uma relação solo/água e solo/KCl de 1:1.

4 - CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DOS PERFIS DE SOLOS

4.1 - Características do meio físico

O município de Rio das Pedras está situado na zona fisiográfica de Piracicaba, parte centro-leste do Estado de São Paulo, logo acima do Trópico de Capricórnio. As coordenadas geográficas da sede municipal são as seguintes: 22°50' de latitude Sul e 47°37' de longitude W. Gr.

A figura 2 mostra a posição do município em relação ao Estado de São Paulo.

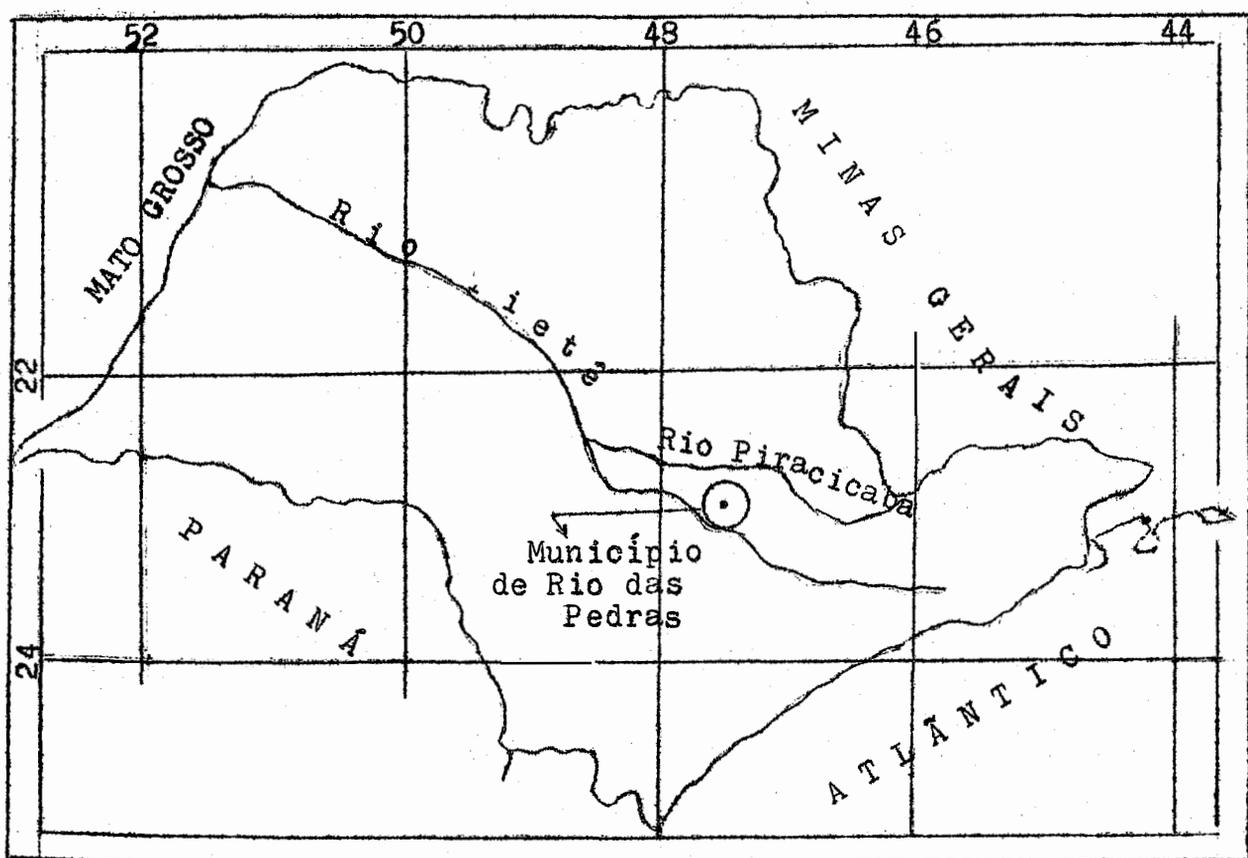


Figura 2. Posição do município de Rio das Pedras em relação ao Estado de São Paulo.

O município de Rio das Pedras tem uma área de 221 km² e a Baía do Ribeirão das Palmeiras representa, aproximadamente, 16% da área municipal. O mapa apresentado na figura 3 ilustra a posição da área, em estudo, bem como as unidades geológicas presentes.

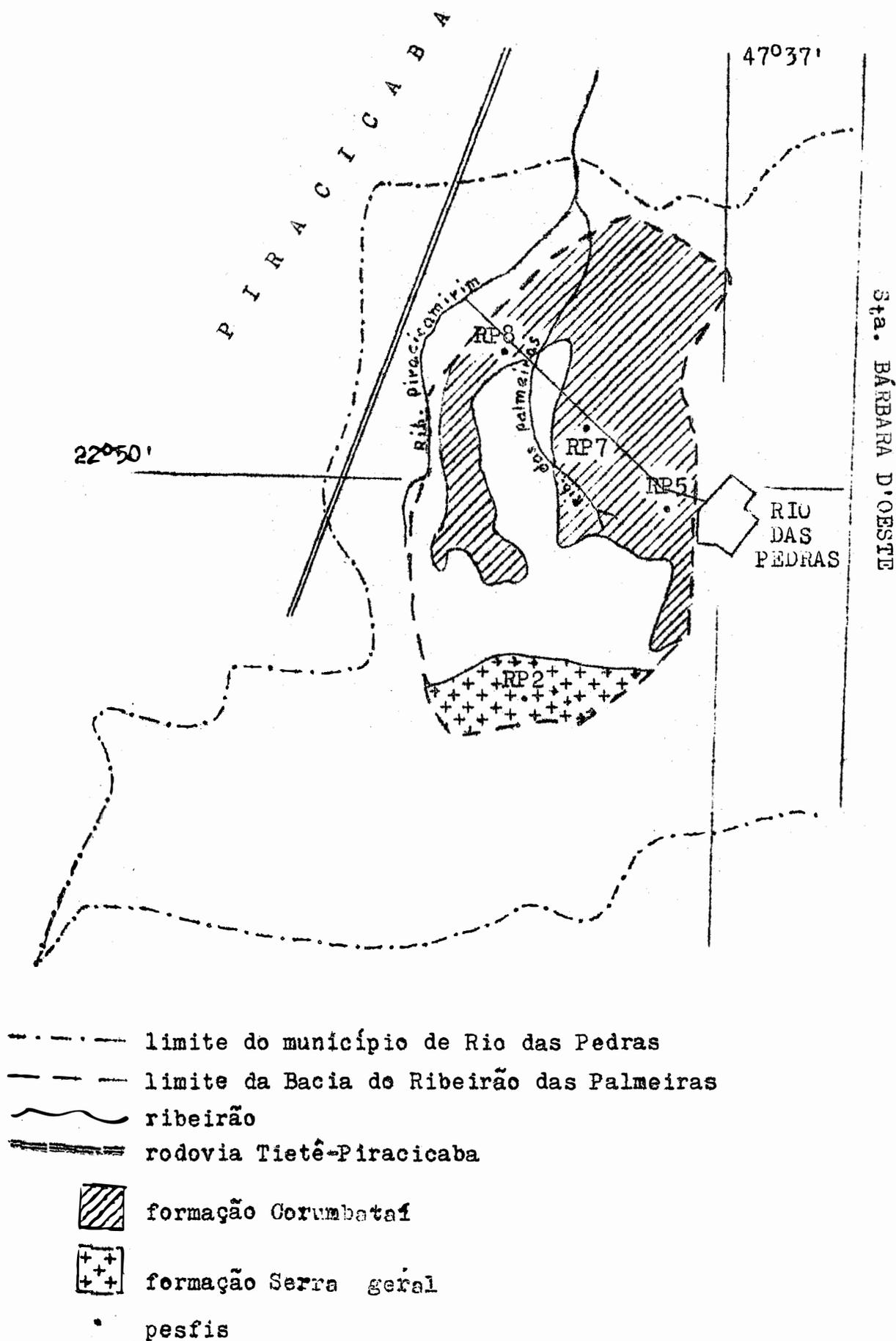


Figura 3. Mapa geológico da região do Ribeirão das Palmeiras e local das trincheiras.

A Bacia do Ribeirão das Palmeiras está contida na fôlha geológica de Piracicaba, publicada por MEZZALANA (33). Por essa descrição geológica o relevo da região se apresenta suave com formas topográficas não acentuadas e com altitude variando entre 500 e 700 metros.

Utilizando-se a fôlha geológica de Piracicaba constata-se que na área onde ocorre a formação Corumbataí, do grupo Estrado Nova está situado o conjunto das unidades RP₈, RP₇ e RP₅ do presente trabalho. A formação Corumbataí é representada por siltitos cinzentos na base, siltitos e folhelhos variegados, sílex e, mais raramente, arenitos e calcários (33).

A unidade RP₂ ocorre em área pertencente à formação Serra Geral. Sob essa designação foram reunidos os basaltos, arenitos intertrapianos e os diabásios ocorrentes nas fôlhas de Piracicaba e São Carlos ().

Segundo o sistema de Koppen, a COMISSÃO DE SOLOS (13) enquadrou o clima da região onde está situado o município de Rio das Pedras como sendo do tipo Cwa. É definido como um clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 15°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1100 a 1700 mm.

A cobertura vegetal original das terras da região de Rio das Pedras pertence, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (13), provavelmente, à floresta tropical latifoliada semidecídua. Atualmente os solos compreendidos pela Bacia do Ribeirão das Palmeiras estão sendo utilizados para a cultura de cana de açúcar e, pequena parte, para culturas de reflorestamento.

4.2 - Localização e descrição dos perfis de solos

O perfil representativo da unidade RP₂ está localizado aproximadamente a 6 km da sede municipal, na parte sudoeste do município de Rio das Pedras. O perfil situa-se em tôpo de elevação e foi descrito em uma trincheira de 2 metros de profundidade. A al

titude é de 627 metros e o relêvo apresenta-se ondulado. O solo é bem drenado e a cobertura vegetal constitui-se de cana de açúcar. Foram feitas diversas tradagens para a verificação da profundidade média do Ap, constatando-se que esta varia entre 25 e 30 cm.

- Ap 0 - 15 cm; vermelho ferrugem (1OR 3/3); argila arenosa; granular, pequena a média, fraca a moderada; duro friável, plástico, pegajoso; raízes abundantes; muitos poros médios; limite suave, claro.
- B_{21t} 15 - 35 cm; vermelho ferrugem (1OR 3/4); argila arenosa; blocos subangulares e angulares, muito pequena, prismática; cerosidade comum; muito duro, friável, muito plástico, muito pegajoso; raízes comuns; muitos poros pequenos e pequenos comuns; limite ondulado, gradual.
- B_{22t} 35 - 80 cm; vermelho escuro (1OR 3/6); argila arenosa; blocos subangulares e angulares, muito pequena, forte; cerosidade abundante; muito duro, friável muito plástico, muito pegajoso; raízes poucas; poros pequenos comuns e poucos poros muito pequenos; limite suave, difuso.
- B_{23t} 80 - 100 cm; vermelho escuro (1OR 3/6); argila arenosa; blocos subangulares, pequena, fraca a moderada; cerosidade abundante; duro, friável, plástico, pegajoso; raízes poucas; muitos poros muito pequenos; limite ondulado, gradual.
- B_{31t} 100 - 170 cm; vermelho escuro (1OR 3/6); argila arenosa; blocos subangulares, pequena, fraca a moderada; cerosidade pouca; ligeiramente duro, muito friável, plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos /

poros muito pequenos; limite ondulado, gradual.

B_{32t} 170 - 200cm; vermelho escuro (1OR 3/6); argila arenosa; blocos angulares, muito pequena, moderada a forte; cerosidade abundante; duro, friável, plástico, muito pegajoso; raizes poucas; poros muito pequenos comuns; fragmentos de eruptivas básicas desastados e de cêrca de 1 cm na maior direção amarelo pardacento (1OYR 6/8), pouco.

O perfil representativo da unidade RP₈ situa-se aproximadamente a 6 km da cidade de Rio das Pedras, à margem esquerda da rodovia que liga essa cidade a Miracicaba. Foi descrito em trincheira de 2 metros de profundidade, no terço superior de encosta. Coletou-se material a uma profundidade maior do que 2 metros, com o uso do trado. A altitude é de 570 metros e o relêvo apresenta-se ondulado. A cobertura vegetal está representada por cana de açúcar e o solo é bem drenado.

A_p 0 - 20 cm; vermelho ferrugem (1OR 3/4); barro argiloso; blocos subangulares, pequena a média, fraca; ligeiramente duro, friável, muito plástico, muito pegajoso; raizes bastante; limite ondulado, claro.

B_{21t} 20 - 60 cm; vermelho escuro (1OR 3/6); barro argiloso; blocos angulares e subangulares, muito pequena, moderada; cerosidade abundante; ligeiramente duro, friável, muito plástico, muito pegajoso; agregados pequenos a médios, 30%; raizes comuns; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; limite plano, gradual.

B_{22t} 60 - 90 cm; vermelho (1OR 4/6); barro argiloso; blocos subangulares, muito pequena, moderada; cerosida-

de comum; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes comuns; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; limite plano, difuso.

B_{23t} 90 . 170 cm; vermelho (10R 4/6); barro argiloso; blocos subangulares, muito pequena, fraca a moderada; coesividade pouca; macio, friável, plástico, pegajoso; raízes comuns; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; limite plano, difuso.

B₃₁ 170 - 240 cm; vermelho (10R 4/6); barro argiloso; blocos subangulares, muito pequena, fraca a moderada; macio, muito friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes comuns; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos.

B₃₂ 240 - 315 cm; vermelho fraco (10R 4/4).

IIC₁ 315 - 360 cm; vermelho (10R 4/6); fragmentos de rocha partido amarelado (10YR 5/6) e branco (2,5Y 8/2).

IIC₂ 360 - 400 cm; vermelho fraco (10R 4/4); fragmentos de rocha vermelho (10R 5/6) e branco (2,5Y 8/2).

O perfil representativo da unidade RP₇ situa-se aproximadamente a 4 km da cidade de Rio das Pedras, à margem esquerda da rodovia que liga essa cidade a Piracicaba. O perfil foi examinado em uma trincheira no terço superior de uma elevação. A altitude é de 575 metros e o relevo apresenta-se suavemente ondulado a ondulado. Foram feitas tradagens para as profundidades maiores de 190 cm. Esta unidade tem boa drenagem e está cultivada com cana de açúcar.

- A_p 0 - 80 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro arenoso; granular, pequena a média, fraca; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes bastante; limite ondulado, claro.
- A₃ 20 - 40 cm; vermelho escuro (10R 3/6); barro argiloso; blocos subangulares, muito pequena, moderada; duro, friável, plástico, muito pegajoso; raízes comuns; poros muito pequenos comuns e pequenos poucos; limite plano, gradual.
- B_{21t} 40 - 75 cm; vermelho escuro (10R 3/6); barro argiloso; blocos angulares e subangulares, pequena, moderada; cerosidade revestindo 10%; duro, friável, muito plástico, muito pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos; raros médias; limite plano, gradual.
- B_{22t} 75 - 140 cm; vermelho escuro (10R 3/6); barro argiloso; blocos angulares e subangulares, pequena, fraca a moderada; cerosidade abundante; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos, poucos pequenos; limite plano, gradual.
- B₃ 140 - 190 cm; vermelho (2,5YR 4/6); barro argiloso; blocos subangulares, pequena, fraca; macio, muito friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos.
- IIC₁ 190 - 260 cm; vermelho (2,5YR 4/6); fragmentos de rocha básica.
- IIC₂ 260 - 300 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6); fragmentos de rocha básica.

- IIC₃ 300 - 360 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6); fragmentos de rocha básica.
- IIC₄ 360 - 380 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6); grande quantidade de rocha básica misturada com grânulo de quartzo dando a impressão de uma linha de pedras.

O perfil que representa a unidade RP₅ está situado aproximadamente a 1 km da cidade de Rio das Pedras, à margem esquerda da rodovia que liga essa cidade a Piracicaba. O perfil foi examinado em uma trincheira situada em terço superior de elevação, onde o relevo apresenta-se suavemente ondulado a ondulado. A altitude é de 640 metros e a presente unidade acha-se sob cultivo de cana de açúcar. A drenagem é boa. A coleta do material a profundidades maiores que 285 cm foi feita por meio do trado. Foi notada, em um barranco próximo ao local da amostragem, a presença de uma linha de pedras a profundidade de 6 metros.

- A_p 0 - 15 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4); barro argilo arenoso; granular, pequena a média, fraca; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes bastante; limite ondulado, claro.
- A₃ 15 - 35 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6); barro argilo arenoso; blocos subangulares, pequena, fraca a moderada; duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos, poucos médios; limite claro, gradual.
- B_{21t} 35 - 60 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6); mosqueado vermelho, comum, médio, proeminente (10R 5/8); barro argilo arenoso; blocos subangulares, muito pequena, fraca a moderada; cerosidade baixa; duro,

friável, plástico, pegajoso; raizes comuns; muitos poros muito pequenos; limite plano, gradual.

- B_{22t} 60 - 95 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 2/4); mosqueado vermelho fraco, comum, médio, indistinto (2,5YR 4/2); argila arenosa; blocos subangulares pequena, fraca; cerosidade pouca; macio, muito friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raizes comuns; muitos poros muito pequenos e raros pequenos; limite plano, difuso.
- B₂₃ 95 - 140 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4); mosqueado vermelho, pouco, médio, indistinto (10R 4/6); argila arenosa; maciça que se quebra em blocos subangulares, pequena, fraca; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raizes comuns; muitos poros muito pequenos e raros pequenos; limite plano, difuso.
- B₃₁ 140 - 285 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4); argila arenosa; maciça que se quebra em blocos subangulares, pequena, fraca; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raizes comuns; muitos poros muito pequeno e raros pequenos.
- B₃₂ 285 - 370 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6).
- B₃₃ 370 - 425 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6).
- B₃₄ 425 - 470 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se constatar que, neste capítulo, não há um item específico referente à morfologia dos solos em estudo. Convém salientar que, paralelamente à discussão das análises mecânica e química, foram considerados os dados de morfologia contidos no item 4.2

5.1 - Análise mecânica do solo

Os dados da análise mecânica estão apresentados nos Quadros 1, 2 e 3.

Os dados da análise mecânica correspondentes ao perfil da unidade RP_2 (Quadro 1) evidenciam uma diferença entre os teores de argila do horizonte A para o B. Enquanto o teor de argila naquele horizonte totaliza 34,5%, o teor dessa mesma fração no B_{21t} é de 42,6%, aumentando em profundidade até atingir um valor máximo no B_{22t} (67,4%) decrescendo em seguida, mantendo, entretanto, para o horizonte B, a mesma classe textural.

A variação do teor de argila do A_p para o B_{21t} confere ao horizonte iluvial um valor superior a 1,2 vezes o teor de argila existente no horizonte A_p . Esta variação está dentro dos limites especificados para a definição de horizonte argílico (49). Os dados sobre o teor de argila total levam, portanto, a estabelecer como limite superior do argílico o horizonte B_{21t} .

Como para a definição deste horizonte diagnóstico, o SOIL SURVEY STAFF (49) exige, além da variação textural, a presença de "clay skins", esta constatação pode ser feita, seguramente, através de seções delgadas (BREWER,). Como este estudo exige técnicas aprimoradas, tais como impregnação do agregado do solo e preparo de seção delgada, não foi possível realizá-la. Por outro lado, a verificação da ocorrência de filmes de argila no campo é perfeitamente possível desde que a quantidade do material iluvial seja grande (49).

A descrição morfológica evidencia a presença de cerosidade, "clay skins", em todos os subhorizontes do B_2 , indicando a pre-

sença de argila translocada. Este resultado, aliado à relação argila fina/argila grossa, permite classificar o horizonte B_2 como sendo um horizonte diagnóstico de subsuperfície denominada argílico (49).

O teor de argila grossa de todos os horizontes do perfil da unidade RP_2 é superior ao teor de argila fina. Este resultado confere à presente unidade um menor grau de intemperização quando comparada aos solos com horizonte B latossólico. O perfil TP_{17} (ESCOBAR, 20) classificado como Oxisol, solo este muito intemperizado, apresenta os valores de argila fina sempre superiores aos valores de argila grossa.

O teor de limo decresce da superfície até o B_{22t} , sendo que, a partir deste subhorizonte, evidencia-se um acréscimo em direção às camadas mais profundas. Por outro lado, na classe de separados areia predomina a areia fina com mais de 58% em relação às outras subfrações areia, para todos os horizontes. Os perfis 29 e 31 da COMISSÃO DE SOLOS (13) se assemelham ao perfil da unidade RP_2 , inclusive quanto ao alto valor de limo nos horizontes mais profundos e dados de descrição morfológica.

A unidade RP_8 situa-se na parte mais baixa da catena de solos (Figura 1) e os seus dados granulométricos estão apresentados no Quadro 1.

O teor de argila total do horizonte Ap deste solo é de 48,5%, passando para 58,8% no B_{21t} logo abaixo dos primeiros 20 cm. Embora a variação textural seja pequena, a diferença no conteúdo de argila entre estes dois horizontes é suficiente para enquadrar este último dentro das especificações de um horizonte argílico. Ele é, por sua vez, seguramente identificado observando-se a ocorrência de cerosidade, revestindo as faces dos agregados nos subhorizontes B_{21t} , B_{22t} e B_{23t} .

A classe textural é argila para todos os horizontes e subhorizontes, embora existam variações consideráveis no teor de

Quadro 1. Distribuição dos separados do solo e classe textural das unidades RP₂ e RP₈

H	Resultados em porcentagem							* af/ag	Classe textural		
	Amg	Ag	Am	Af	Amf	Limo	Argila total			Argila grossa	Argila fina
<u>Unidade RP₂</u>											
Ap	0,5	1,1	6,7	19,3	8,4	29,5	34,5	28,3	6,2	0,2	b a
B ₂₁ t	0,9	1,6	6,5	17,6	7,3	23,5	42,6	30,6	12,0	0,3	r
B ₂₂ t	0,2	0,2	3,4	11,3	4,3	13,2	67,4	45,0	22,4	0,4	r
B ₂₃ t	0,7	1,3	4,9	12,8	6,3	21,4	52,6	34,3	18,3	0,5	r
B ₃₁ t	0,8	1,0	4,7	14,2	6,8	22,7	49,8	33,9	15,9	0,4	r
B ₃₂ t	0,7	0,9	2,5	11,7	7,5	30,9	45,8	33,5	12,3	0,3	r
<u>Unidade RP₈</u>											
Ap	0,7	0,8	6,3	19,1	7,4	17,2	48,5	30,9	17,6	0,5	r
B ₂₁ t	0,7	0,9	5,2	16,7	6,7	11,0	58,8	25,8	33,0	1,2	r
B ₂₂ t	0,4	0,4	4,4	14,6	6,4	12,2	61,6	33,8	27,8	0,8	r
B ₂₃ t	0,7	0,9	3,9	13,3	7,2	17,5	56,5	23,7	32,8	1,3	r
B ₃₁	0,5	0,7	2,9	12,4	7,2	13,6	62,7	34,3	28,4	0,8	r
B ₃₂	0,2	0,1	1,9	12,3	8,5	18,9	58,1	31,4	26,7	0,8	r
IC ₁	1,8	1,9	3,3	11,3	8,5	33,2	40,0	21,7	18,3	0,8	r
IC ₂	0,2	0,3	2,8	12,4	6,0	29,7	48,6	30,3	18,3	0,6	r

(*) af = argila fina; ag = argila grossa.

argila. Os teores de limo nos horizontes Ap e B₂ são inferiores aos encontrados para a unidade RP₂, porém com um grande acréscimo nos horizontes IIC₁ e IIC₂ (33,2% e 29,7%, respectivamente, contra 18,9% do B₃₂). A grande variação nos valores destes separados em profundidade sugere uma provável descontinuidade litológica. Se fôr examinada a descrição morfológica, observa-se a existência de uma linha de pedras na profundidade de 315 cm . Este fato de acôrdo com RUHE (44) é o suficiente para caracterizar a existência de deposições diferentes.

A ocorrência de folhelhos como substrato rochoso desta unidade não significa que ela foi originada "in situ". O alto teor de limo encontrado no IIC₁ e IIC₂ se deve à herança deste sedimento.

A fração areia dominante está representada pela areia fina, semelhantemente à unidade RP₂

Comparando-se as variações dos teores de argila fina destas duas unidades, pode-se notar que a quantidade de argila fina da unidade RP₈ é praticamente semelhante ao da argila grossa. Tendo-se o teor de argila fina como um índice de intemperização (JACKSON et al., 26) pode-se notar que a unidade RP₈ é ligeiramente mais intemperizada do que a unidade RP₂.

De acôrdo com a COMISSÃO DE SOLOS (13), a unidade RP₈, assim como as unidades RP₇ e RP₅ estão enquadradas dentro da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Escuro-Orto. Esta unidade de mapeamento apresenta, de uma maneira geral, a maioria das características de um horizonte B latossólico. Por outro lado, na descrição dos perfis 39 e 42, da referida Comissão, constatou-se cerosidade no horizonte B. Desta maneira, a existência de cerosidade nestes perfis excluem-nos da unidade modal, o mesmo acontecendo com o perfil da unidade RP₈.

As características, principalmente as morfológicas, excluem a unidade RP₈ do conceito modal do Latossol Vermelho Escuro-Orto que não permite a ocorrência de cerosidade no horizonte B.

Assim sendo, o horizonte B definido será um B textural e não um B latossólico. Considerando-se, portanto, que a unidade RP_8 pode ser um B textural, a única unidade de mapeamento possível de ser enquadrada dentro das especificações da COMISSÃO DE SOLOS (13) seria a do Podzólico Vermelho Amarelo - variação Piracicaba (PVA - variação Piracicaba).

Comparando-se os dados do variação Piracicaba com aqueles da unidade RP_8 pode-se notar que as características de cor e de gradiente textural são completamente distintas. Este fato exclue também a unidade RP_8 do PVA - variação Piracicaba. Em outras palavras, a unidade RP_8 não apresenta categoria taxonômica equivalente dentro das especificações da COMISSÃO DE SOLOS (13).

A série de solo Guamium classificada por RANZANI et al (42) em 1966, é a que mais se assemelha morfológica e granulométricamente, à unidade RP_8 , possuindo inclusive um elevado teor de silte nos horizontes mais inferiores.

A unidade RP_7 ocupa a posição intermediária entre as unidades RP_8 e RP_5 , possuindo uma altitude de 575 metros. Os dados granulométricos estão apresentados no Quadro 2 e revelam uma diferença textural no teor de argila entre os horizontes A e B. O teor de argila do A_3 é de 22,3% passando para 51,2% no B_{21t} . A diferença no teor de argila, entre estes horizontes é de 28,9%, valor este superior a 1,2 vezes o teor de argila do A_3 .

Esta grande diferença textural está dentro das especificações do SOIL SURVEY STAFF (49) para um dos requisitos na definição do horizonte argílico. De acordo com a constatação de cerosidade, nos horizontes B_{21t} e B_{22t} , pode-se afirmar perfeitamente a ocorrência de um argílico a partir dos 40 até os 140 cm, ou seja um horizonte de 100 cm de espessura. A definição de um argílico implica também na definição de um horizonte B textural (13).

A evidência de argila translocada no horizonte B pode ser observada, tanto pela descrição morfológica como pelos valores

da argila grossa e argila fina. A variação textural da argila grossa é de 11,9% e o da argila fina de 17,0%, mostrando perfeitamente uma maior clivagem da fração coloidal mineral mais fina. Normalmente os valores de argila grossa são um pouco superiores aos da argila fina, diferença esta que tende a desaparecer a medida que o solo se aprofunda. Assim é que nos horizontes C₄ e C₅ os valores são quase idênticos.

Os valores de limo diminuem até o horizonte B₃ para, em seguida, crescerem. O aumento do teor de limo em profundidade é normal para este solo, pois, foi observado que o material subjacente é um sedimento (siltito).

Apesar de o aumento nos valores deste separado ser gradual, totalmente diferente da unidade RP₈, foi observada uma linha de pedras um pouco antes do provável material originário, a uma profundidade de 200 cm. Este fato é mais do que suficiente para afirmar que a unidade RP₇ é um solo retrabalhado não tendo nenhuma relação com a rocha subjacente.

A fração areia dominante continua sendo, ainda, a areia fina.

A unidade RP₇ é, a níveis taxonômicos inferiores, distinta da unidade RP₈. O teor de argila desta última é sempre acima de 48%, apresentando uma classe textural argila em todos os seus horizontes. Por sua vez o teor de argila da unidade RP₇ é variável, indo de 21 a 51% (horizontes Ap e B₂₁, respectivamente). Além dos dados granulométricos, estas unidades também são distintas em relação ao teor de cerosidade indicado na descrição morfológica. A unidade RP₇ apresenta menos cerosidade do que a unidade RP₈. Por outro lado, estas duas unidades apresentam certa semelhança em relação a sua origem, pois são solos retrabalhados e transportados, não sendo portanto originados do material sedimentar que aparece logo abaixo do solo.

De acordo com o mapa de solos executado pela COMISSÃO DE SOLOS (13), a área de ocorrência da unidade RP₇ está com a le-

Quadro 2. Distribuição dos separados do solo e classe textural da unidade RP₇

H	Resultados em porcentagem										* af/ag	Classe textural
	Amg	Ag	Am	Af	Amf	Limo	Argila total	Argila grossa	Argila fina			
<u>Unidade RP₇</u>												
Ap	0,6	1,3	11,0	31,0	14,6	20,1	21,4	13,7	7,7	0,5	br a	
A ₃	0,9	2,1	11,8	30,0	14,2	18,7	22,3	13,7	8,6	0,6	br a	
B _{21t}	0,7	1,0	7,2	18,9	9,8	11,2	51,2	25,6	25,6	1,0	r	
B _{22t}	1,0	1,2	6,8	20,6	11,9	14,8	43,7	24,9	18,8	0,7	r	
B ₃	0,7	1,2	8,1	22,2	12,0	19,0	36,6	21,3	15,3	0,7	br	
IIC ₁	0,8	1,0	5,8	18,5	12,2	19,7	42,0	23,1	17,9	0,7	r	
IIC ₂	0,9	1,0	5,5	19,1	12,7	21,3	39,5	21,6	17,9	0,8	br	
IIC ₃	0,4	0,6	5,4	19,8	13,1	23,6	37,1	20,5	16,6	0,8	br	
IIC ₄	0,8	1,8	8,7	23,1	14,3	22,0	29,3	14,7	14,6	0,9	br a	
IIC ₅	0,6	0,9	6,3	20,4	14,1	24,5	33,2	16,7	16,5	0,9	br	

{*} af = argila fina; ag = argila grossa

genda da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Escuro - Orto (LVE - Orto). Observando-se as principais características morfológicas, desta unidade de mapeamento, pode-se notar que ela difere da unidade RP₇. Assim, é que, a textura é argila para todos os horizontes, não concordando com os dados aqui obtidos pois, é barro argilo arenoso para os horizontes eluviais e argila ou barro argiloso para os demais horizontes. A ausência de cerosidade é uma das características do LVE - Orto e que difere também da unidade RP₇.

A unidade RP₇ parece que se assemelha mais com o conceito de "Dark Red Latosol" de BRAMAO e DUDAL (6), que é um conceito mais amplo do que o LVE - Orto. Para esses autores o "Dark Red Latosol" pode apresentar estrutura em blocos e ter cerosidade no B.

De acordo com estas características, e dependendo dos dados químicos, esta unidade devido à presença de argílico estaria colocada na ordem Ultisol (49)

Os resultados granulométricos da unidade RP₅ estão apresentados no Quadro 3. O teor de argila total aumenta de acordo com a profundidade do solo, atingindo um máximo de 30,3% no horizonte B_{21t}, decrescendo logo em seguida. A variação do teor de argila do Ap para o B_{21t} (de 21,6 para 30,3%) é superior ao valor mínimo necessário para a definição de um horizonte argílico (49). Observando-se a descrição morfológica deste perfil pode-se notar a presença, no horizonte B_{21t} e B_{22t}, de cerosidade, porém em pequena quantidade. Apesar deste perfil apresentar uma textura mais arenosa que os demais solos, não foi tentada a observação de "clay bridge", uma vez que a existência de "clay skins" aliada à variação textural é o suficiente para a caracterização do argílico (49).

A classe textural para todos os horizontes é barro argilo arenoso, apesar de apresentar algumas variações do teor de argila. Os dados sobre o teor de argila total e da cerosidade esta-

belecem como limite superior do horizonte argílico o horizonte B_{21t} , ou seja, a partir de 35 cm.

A distribuição dos teores de limo apresenta duas fases. A primeira vai do horizonte Ap até o B_{31} , ou seja, até os 140 cm, onde os teores permanecem praticamente constantes com valores sempre inferiores a 8,4%. A segunda fase se inicia no B_{31} com teores crescentes de limo, a partir de 12,2%. Esta variação do teor deste separado pode sugerir diversas hipóteses entre as quais a da ocorrência de deposição diferente.

Observando-se a descrição morfológica, pode-se notar que não ocorrem fragmentos de folhelho até a profundidade de 4,70m o que poderia explicar o aumento do teor de limo. Apesar de não haver constatação de fragmentos de rocha até a profundidade atingida pelo trado, os dados indicam que a partir do B_{31} há uma descontinuidade litológica.

A fração areia dominante desta unidade é representada pela areia fina, semelhantemente às demais unidades, representando, neste perfil, 50% da fração areia total.

Comparando-se os perfis situados na topossequência (figura 1), a unidade RP_5 ocupa a posição mais alta no relêvo, com 640 metros, e é a unidade mais arenosa. De acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (13) esta unidade está enquadrada na legenda do Latossol Vermelho Escuro - Orto. Observando-se os dados granulométricos do Latossol Vermelho Escuro - Orto, a unidade RP_5 não se enquadra dentro do conceito modal desta unidade de mapeamento. Uma outra alternativa de tentar o enquadramento da unidade em discussão com os dados fornecidos pela COMISSÃO DE SOLOS (13), seria de comparar os resultados morfológicos e analíticos com os do Regossol "intergrade" para Latossol Vermelho Amarelo e Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo (RPV-RLV). Entretanto, o teor de argila do horizonte B desta unidade de mapeamento é inferior a 15%, excluindo a possibilidade de considerar-se a RP_5 como pertencente à referida unidade. Nestas

Quadro 3. Distribuição dos separados do solo e classe textural da unidade RP5

H	Resultados em porcentagem							* af/ag	Classe textural		
	Amg	Ag	Am	Af	Amf	Argila total	Argila grossa			Argila fina	
	<u>unidade RP5</u>										
Ap	0,5	1,5	16,6	40,3	11,9	7,6	21,6	12,7	8,9	0,7	bra
A3	0,7	1,1	14,4	40,6	13,8	8,4	21,0	11,5	9,5	0,8	bra
B21t	0,1	0,6	14,8	35,3	14,4	4,5	30,3	16,4	13,9	0,8	bra
B22t	0,6	0,9	13,9	37,3	16,8	6,2	24,3	12,6	11,7	0,9	bra
B23	0,6	1,0	13,5	34,7	13,2	6,8	30,2	11,5	18,7	1,6	bra
B31	0,7	0,8	12,5	36,4	13,4	7,5	28,7	11,4	17,3	1,5	bra
B32	0,6	0,8	11,0	30,1	14,1	12,2	31,2	18,6	12,6	0,6	bra
B33	0,7	0,8	10,8	30,4	14,1	17,5	25,7	14,0	11,7	0,8	bra
B34	0,7	0,8	10,8	30,9	14,5	18,7	23,6	13,4	10,2	0,7	bra

(*) af = argila fina; ag = argila grossa

condições não foi possível o enquadramento do perfil RP_5 dentro das especificações da COMISSÃO DE SOLOS (13).

De acôrdo com os dados obtidos para a unidade RP_5 , a presença de um horizonte argílico (49), ou B textural (13), faz com que esta unidade seja incluída na categoria dos solos com "horizonte B textural" e não como solos que têm "horizonte B latossólico" (13). Apesar desta característica, esta unidade apresenta a partir do B_{23} um conjunto de propriedades de B latossólico, ou seja, pouca plasticidade, pouca pegajosidade, estrutura maciça que se quebra em blocos subangulares, boa porosidade e pequena distinção entre horizontes.

Foi notado que a unidade de mapeamento Podzólico Vermelho Amarelo "intergrade" para Latossol Vermelho Amarelo (13) é a que mais se assemelha à unidade RP_5 diferindo, entretanto em relação ao material de origem e textura.

Como foi possível observar, nesta primeira parte do presente capítulo, as unidades RP_5 , RP_7 e RP_8 são solos desconhecidos e ainda não classificados. A presença de folhelho ou siltito, como substrato rochoso destas unidades, não deve ser tomado como verveiro, pois, a linha de pedras, constatada a profundidades variáveis é fato marcante e conclusivo de que estes solos são materiais retrabalhados.

Por outro lado, a tentativa de classificação destes solos baseada na geologia deve ser observada, com cuidado, pois pode conduzir a interpretações errôneas.

5.2 - Análise química do solo

Os dados químicos do perfil RP_2 estão apresentados no Quadro 4. Observa-se que o teor de Ca^{++} é alto nos horizontes superficiais, decrescendo de acordo com a profundidade do solo. Os seus valores extremos situam-se entre 5,55 e.mg/100 g de solo, no horizonte Ap e 1,30 e.mg/100g de solo, no B_{32t} . Os valores da saturação de bases acompanham a mesma distribuição do cálcio pois decrescem com a profundidade do solo apresentando 65,1% para o Ap e 41,1% para o B_{32t} .

Os resultados de saturação de bases para os horizontes Ap e B_{21t} sugerem a ocorrência de um epipedon mólico (49). Através dos dados morfológicos pode-se verificar que as características da cor (tonalidade e intensidade) para o Ap são 3/3 incluindo-o portanto, dentro das especificações deste epipedon. Mas no B_{21t} a tonalidade é superior a 3, excluindo-o do conceito modal do mólico. Nestas condições apenas o horizonte Ap apresenta características químicas e morfológicas para a definição deste horizonte diagnóstico de superfície.

De acordo com os dados obtidos o perfil RP_2 apresenta um epipedon mólico e um horizonte argílico, tendo este 185 cm de espessura. A saturação de bases deste horizonte decresce à medida que o solo se aprofunda, mas, se mantém sempre superior a 35%. De acordo com o SOIL SURVEY STAFF (49) esta unidade pode ser enquadrada na ordem Mollisol e subordem Udoll.

QUEIROZ NETO (41) trabalhando com solos desenvolvidos de rochas básicas, classificou, pelo conceito da COMISSÃO DE SOLOS (13), o perfil RC-50 como sendo uma Terra Roxa Estruturada. Este perfil apresenta propriedades semelhantes ao RP_2 . Por outro lado, o mesmo autor classificou o RC-50, pelos conceitos do SOIL SURVEY STAFF (49), como pertencendo à ordem Ultissol e grande grupo Typochrult. Esta classificação, de acordo com DEMATTE (15), não está correta. O perfil RC-50 pertence, segundo os comentários deste autor, à ordem Mollisol, sendo, portanto, semelhante ao perfil RP_2 .

Quadro 4. Resultados da análise química das unidades RP₂ e RP₈

H	pH		e. mg / 100g de solo						V%
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	C.T.C.	
	<u>Unidade RP₂</u>								
Ap	6,7	6,4	5,55	0,10	0,30	-	3,20	9,1	65,1
B ₂₁ t	6,7	6,2	4,75	0,15	0,06	-	4,25	9,2	54,2
B ₂₂ t	6,6	6,0	3,35	0,50	0,04	-	4,10	8,0	48,9
B ₂₃ t	6,4	6,0	2,70	0,25	0,06	-	3,25	6,2	48,3
B ₃₁ t	6,2	6,2	2,10	0,15	0,05	-	2,90	5,0	43,2
B ₃₂ t	6,2	6,2	1,30	0,15	0,05	-	2,20	3,7	41,1
	<u>Unidade RP₈</u>								
Ap	5,2	4,5	1,70	0,10	0,16	1,20	7,35	10,5	18,8
B ₂₁ t	5,0	4,7	0,70	0,10	0,06	2,65	5,65	9,1	9,5
B ₂₂ t	5,0	4,3	0,50	0,10	0,05	2,10	5,40	8,0	7,1
B ₂₃ t	5,4	4,3	0,20	0,10	0,04	1,90	5,90	8,1	4,5
B ₃₁	5,1	4,3	0,05	0,10	0,05	1,55	5,30	6,9	1,8
B ₃₂	5,5	4,1	0,05	0,10	0,05	1,35	3,95	5,35	1,4
IIC ₁	5,4	4,0	0,05	0,05	0,04	2,50	3,20	5,8	3,2
IIC ₂	5,5	4,5	0,05	0,05	0,08	5,00	2,00	7,2	3,1

Os perfis de números 1 e 2 da série Bairrinho (15) que ocorrem no município de Piracicaba e classificados por RANZANI et al. (42) como Mollissol são semelhantes ao perfil RP_2 . A semelhança da Terra Roxa Estruturada como o Mediterrânico Vermelho Amarelo já foi observada por DEMATTE (15). A unidade de mapeamento Ciriaco (18), de ocorrência no Rio Grande do Sul, apresenta semelhanças com o perfil RP_2 . Essa unidade foi classificada como Argudoll pelo sistema de 1960 (48) e como "Reddish Prairie Soil" pelo sistema americano de 1949.

O Quadro 4 apresenta as características do perfil pertencente à unidade RP_8 . Os teores de cálcio e de magnésio deste solo são baixos e decrescem de acordo com a profundidade. Os valores dos ions H^+ e Al^{3+} além de serem mais elevados do que aqueles no A_1 é de 18,8%, decrescendo, em seguida, para atingir um valor mínimo no horizonte B_{32} . Nestas condições seria possível definir um horizonte diagnóstico de superfície denominado úmbrico. Examinando-se, porém, os dados morfológicos deste solo, observa-se que a intensidade da cor úmida é 4, para o horizonte Ap. Esta intensidade é superior à tonalidade limite estabelecida para a definição de um horizonte úmbrico, excluindo-o, portanto, deste solo. Nestas condições, um epipedon ócrico é caracterizado até a profundidade de 20 cm.

O horizonte argílico, já devidamente comentado no capítulo da análise mecânica, apresenta uma espessura de 150 cm. A saturação de bases deste horizonte é inferior a 35%, apresentando valores extremos de 9,5% (horizonte B_{21t}) a 4,5% (horizonte B_{23t}).

A presença de um horizonte argílico na unidade RP_8 , assim como os baixos valores de saturação de bases, permite enquadrá-lo na ordem dos Ultissóis e subordem Udult (49).

Os dados químicos da unidade RP_7 estão apresentados no Quadro 5. O teor de cálcio decresce de acordo com a profundidade do solo, apresentando teores extremos de 3,45 e mg/100 g de

solo (horizonte Ap) e 0,05 e.mg/100 g de solos (horizonte IIC₂).

Os teores de magnésio normalmente estão abaixo de, 0,50 e.mg/100 g de solo, sendo, portanto, baixos. O ion dominante nos horizontes superficiais como nos mais inferiores, é o Al³⁺. Os valores da CTC normalmente decrescem de acôrdo com a profundidade do solo, apresentando 8,9 e.mg/100 g de solo (horizonte Ap) e 3,8 e. mg/100 g de solo (horizonte IIC₄).

A saturação de bases, em todos os horizontes, apresenta valores inferiores a 50%, sendo de 45% no Ap, como valor máximo, e de 6,2% no IIC₁, como valor mínimo. A grande queda no valor da saturação de bases do B₃ (37,5%) para o IIC₁ (8,8%) pode ser explicada pela existência de uma descontinuidade litológica. De uma maneira geral, em solos desenvolvidos de material homogêneo, tanto os dados químicos quanto os físicos apresentam pequenas variações em profundidade. Isto não ocorre com a unidade em estudo, devido à presença de uma linha de pedras no horizonte IIC₁ evidenciada pela descrição morfológica.

Considerando os dados da saturação de bases dos horizontes superficiais e o predomínio do ion hidrogênio, um horizonte úmbrico poderia ser definido. Devido, porém, à intensidade da cor, tanto do Ap quanto do A₃ (4 e 6, respectivamente), o úmbrico não pode ser caracterizado. Nestas condições um ~~úmbico~~ úmbrico é perfeitamente identificado até à profundidade de 40 cm.

Por outro lado, os valores da saturação de bases do argílico, que apresenta uma espessura de 100 cm, são sempre superiores a 35%, diminuindo, entretanto, de acôrdo com a profundidade do solo, de 49,2% para 38,6% (horizonte B_{21t} e B_{22t}, respectivamente). Devido a estes resultados, a presente unidade de solo pode ser enquadrada na ordem Alfissol e subordem Udalf. Os resultados até então obtidos comparados aos da revisão bibliográfica realizada levam à conclusão de que as unidades RP₇ e RP₈ não se enquadram em nenhum dos solos já estudados, sendo, portanto unidades totalmente desconhecidas.

Quadro 5. Resultados da análise química das unidades RP7 e RP5

H	pH		e.mg / 100 g de solo					C.T.C.	V%
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺		
<u>Unidade RP7</u>									
Ap	5,4	5,0	3,45	0,30	0,22	-	4,90	8,9	45,0
A ₃	6,6	5,4	3,35	0,25	0,10	-	4,50	8,2	45,3
B _{21t}	6,3	5,2	3,45	0,25	0,05	-	3,90	7,6	49,2
B _{22t}	6,3	5,5	1,75	0,30	0,05	-	3,40	5,5	38,6
B ₃	6,7	5,9	1,05	0,40	0,05	-	2,60	4,1	37,5
IIC ₁	6,3	6,0	0,50	0,15	0,04	0,50	3,40	4,1	6,2
IIC ₂	6,0	5,2	0,05	0,15	0,10	0,75	3,05	4,1	8,8
IIC ₃	5,9	5,0	0,01	0,20	0,13	1,20	2,70	4,2	8,4
IIC ₄	5,7	5,0	0,20	-	0,22	0,45	2,95	3,8	11,9
IIC ₅	5,5	4,3	0,05	0,30	0,18	2,10	1,80	4,4	12,7
<u>Unidade RP5</u>									
Ap	5,6	4,7	0,95	0,05	0,10	1,05	3,85	6,0	18,7
A ₃	5,5	4,7	0,85	0,10	0,03	0,95	3,90	5,8	16,9
B _{21t}	5,5	4,7	0,20	0,10	0,02	2,10	4,15	6,3	2,1
B _{22t}	4,9	4,6	0,10	0,10	0,01	2,55	4,35	7,1	3,0
B ₂₃	4,9	4,6	0,30	0,10	0,01	1,70	4,50	6,5	5,1
B ₂₄	4,9	4,6	0,10	0,10	0,01	1,45	3,40	4,9	2,8
B ₃₂	5,1	4,6	0,05	0,15	0,01	-	2,30	2,5	9,4
B ₃₃	5,6	5,0	0,20	0,10	0,01	-	1,80	2,0	11,0
B ₃₄	5,4	5,0	0,15	0,20	0,01	0,40	1,30	2,0	19,3

O Quadro 5 apresenta as características do perfil RP₅. Os teores de cálcio e de magnésio são baixos, sendo que o cálcio normalmente diminui de acordo com a profundidade, apresentando valores extremos de 0,95 e 0,05 e.mg/100 g de solos (horizontes Ap e B₃₂, respectivamente). O íon predominante, neste solo, é o hidrogênio, com teores variando de 4,50 a 1,30 e.mg/100 g de solos (horizontes B₂₃ e B₃₄, respectivamente). Sendo assim, um horizonte úmbrico poderia ser definido, se a intensidade da cor do Ap fôsse mais baixa.

Devido ao alto valor da intensidade da cor deste horizonte e de acordo com o SOIL SURVEY STAFF (49), um epipedon ócrico pode ser caracterizado nesta unidade.

A saturação de bases de todos os horizontes apresenta-se sempre inferior a 19,8%.

Com o auxílio dos dados obtidos, tanto morfológicos como químicos e mecânicos, a unidade RP₅ pode ser perfeitamente enquadrada na ordem Ultissol (49).

É de se salientar que não foi possível a classificação das unidades RP₅, RP₇ e RP₈, seguindo os conceitos da COMISSÃO DE SOLOS (13), cujos níveis taxonômicos são generalizados. Por outro lado, pode-se perceber que foi possível enquadrá-las dentro dos conceitos do SOIL SURVEY STAFF (49), já que ao nível de ordem, a RP₈ e a RP₅ se enquadram na ordem Ultissol, enquanto que a unidade RP₇ se ajusta aos conceitos da ordem Alfissol.

5.3 - Análise mineralógica da fração argila

Os resultados da análise mineralógica quantitativa do perfil RP₂ estão contidos no Quadro 6. Observa-se que o teor de mica é baixo para ambas as frações argila. O seu teor máximo na argila grossa e fina é de 7,1 e 6,8%, respectivamente. / Seu teor permanece praticamente constante de acordo com a profundidade do solo.

Os teores de vermiculita do perfil RP₂ estão abaixo de 12,8% e de 5,0% nas frações argila grossa e fina, respectivamente, sendo que a presença deste argilo-mineral em solos tropicais foi devidamente explicada por diversos autores. Assim é que BORCHARDT et al. (5). HSEUNG e JACKSON (25) demonstraram que a presença da vermiculita em solos tropicais ocorre como um estágio intermediário entre a alteração da mica para caulinita. A existência de vermiculita em solos de clima tropical foi constatada por diversos autores, entre os quais MONIZ e JACKSON (36), DEMATTE e MONIZ (16) e ESCOBAR (20).

O perfil RP₂ apresenta a caulinita como material dominante nas duas frações, com valores normalmente em torno de 50%, vindo a seguir o material amorfo, com teores em torno de 20% e com um ligeiro acúmulo na fração mais fina. O reconhecimento da caulinita pode ser observado através da figura 5. Os picos de primeira e de segunda ordens, 7,1 e 3,5 Å, respectivamente, que ocorrem nos difratogramas correspondentes aos tratamentos de 25°C, 350°C e glicolado são completamente eliminados com o aquecimento a 550°C. A figura 8 apresenta termogramas da fração argila fina do perfil RP₂. Através desta figura pode-se notar picos endotérmicos na região dos 550-570°C, típicos de minerais do grupo da caulinita. A assimetria apresentada por estas curvas pode representar a presença de halloysita (BRAMÃO et al. 7). A ocorrência deste mineral em nossos solos foi relatada por TEIXEIRA MENDES (53) em 1968, estudando solos podzolizados.

Uma característica interessante, apresentada por este perfil, é a ausência de gibbsita em todos os seus horizontes, tanto na fração argila grossa quanto na argila fina. De uma maneira geral, os solos classificados como Terra Roxa Estruturada possuem gibbsita em pequena quantidade, sendo um mineral utilizado como um índice de intemperização para os solos desenvolvidos de rochas básicas (MONIZ e JACKSON, 36). O não apareci

Quadro 6. Análise mineralógica quantitativa das unidades RP₂ e RP₈ (em porcentagem)

H	argila grossa (2 - 0,2 μ)*							argila fina (< 0,2 μ)*						
	Mi	V	Mt	K	A	G	T	Mi	V	Mt	K	A	G	T
	Unidade RP ₂													
A _p	6,0	10,1	7,1	52,1	20,0	-	96,0	5,6	1,8	12,2	50,6	29,4	-	99,6
B _{21t}	6,7	12,6	7,0	52,8	23,2	-	100,3	5,6	5,0	12,4	40,4	30,1	-	93,5
B _{22t}	7,1	2,4	11,8	53,9	23,4	-	98,6	5,8	0,3	12,7	45,8	24,4	-	39,0
B _{31t}	5,6	12,8	8,7	51,1	21,6	-	99,8	6,1	2,1	12,3	45,9	26,6	-	93,0
B _{32t}	6,7	12,6	7,9	50,8	21,2	-	99,2	6,8	2,3	10,4	53,4	19,1	-	92,0
	Unidade RP ₈													
A _p	11,8	0,5	8,0	47,8	12,8	7,6	88,5	9,1	4,4	10,5	54,8	15,0	2,8	96,6
B _{21t}	10,0	4,3	5,6	43,9	16,7	5,6	86,1	13,0	2,6	11,0	47,3	20,5	5,0	99,4
B _{22t}	12,5	7,1	3,6	49,3	16,5	4,1	93,1	8,4	2,2	15,2	48,8	22,3	1,8	98,7
B ₃₁	9,1	6,1	4,8	44,6	17,5	6,6	88,7	8,4	4,0	8,3	43,3	17,6	5,2	86,8
B ₃₂	10,0	4,2	4,7	42,4	17,0	8,4	86,7	7,7	3,0	10,6	43,0	19,3	4,0	87,6
IIC ₁	13,3	11,5	2,8	45,2	17,3	6,9	97,0	6,2	1,0	13,3	47,3	17,5	1,5	36,8
IIC ₂	18,5	9,3	8,6	45,0	17,5	-	98,9	10,5	2,2	14,4	49,5	14,0	0,5	91,1

(*) Mi = mica; V = vermiculita; Mt = montmorilonita; K = caulinita; A = material amorfo; G = gibbsita; T = total.

mento da gibbsita no RP_2 não pode ser visto como um resultado estranho, pois existem muitas unidades de solos classificadas como Terra Roxa Estruturada que apresentam diferenças no grau de intemperização.

A capacidade de troca de cations, medida pelo deslocamento do potássio não fixado através do NH_4Cl N, e, designado CTC (K/NH_4), fornece a porcentagem de montmorilonita, após a dedução correspondente das cargas de superfície externa de outros minerais. O valor da montmorilonita, para a fração argila grossa, varia de 7 a 11,8% e, para a argila fina, permanece praticamente constante com teores em torno de 12%. Como se pode notar, a fração fina apresenta os maiores valores de montmorilonita. De acordo com JACKSON *et al.* (26) este resultado era de se esperar, uma vez que o citado mineral normalmente se concentra na fração mais fina. Este argilo-mineral pode ser identificado através dos difratogramas apresentados na figura 5. O pico de 14 Å, indicado no primeiro difratograma é translocado próximo à região dos 9-10 Å em aquecimento a 350° C. Este fato se verifica, devido à remoção de camadas de água existente entre as unidades estruturais. Logo após, pelo tratamento de glicolação o espaçamento de 9-10 Å aumenta para a região dos 15 - 17 Å, ao se fazer uso da lâmina saturada com Mg^{++} .

Dados bibliográficos mostram que o sistema químico no qual se forma a montmorilonita caracteriza-se por uma relativa abundância de ions Mg, Fe, Ca, Na e K com concentrações mais baixas em ions H (31). Por outro lado, a importância da drenagem do solo na formação de minerais de argila de grade expansiva foi mostrada pelas observações de MOHR e VAN BAREN (35). Esses autores verificaram que a laterita e a montmorilonita foram formadas a curta distância uma da outra, provenientes do mesmo material vulcânico e nas mesmas condições de clima tropical. A única exceção imposta, pelo meio ambiente, que proporcionou a formação tanto da laterita como da montmorilonita, fo-

ram as condições de drenagem, pois, enquanto que a primeira se formou em um ambiente de boa drenagem, a segunda foi formada em condições de drenagem pobre.

Deve-se notar que estas afirmações são para solos que apresentam quantidades elevadas deste argilo-mineral. No caso específico da unidade RP_2 , que ocorre em clima tropical, e com boa drenagem, a presença de montmorilonita se deve provavelmente ao produto da intemperização. De acordo com trabalhos de JACKSON et al. (26 e 29) os minerais no solo seguem uma certa sequência de intemperização. Nesta sequência, a montmorilonita está colocada entre a vermiculita e a caulinita.

Mineralogicamente a unidade RP_2 se assemelha aos perfis da série Bairrinho (DEMATTE, 15), classificada como Mediterrânico Vermelho Amarelo. Os resultados obtidos pela COMISSÃO DE SOLOS (13), nos perfis classificados como Terra Roxa Estruturada, são totalmente diferentes daqueles aqui encontrados, pois o quartzo aparece como mineral predominante.

Os dados apresentados no Quadro 6, correspondentes à análise mineralógica do perfil RP_8 , indicam que o teor de mica na argila grossa apresenta um teor máximo de 18,5% (horizonte IIC_2) e mínimo de 9,1% (horizonte B_{31}). Para a fração argila fina as variações máximas e mínimas são de 13,0% (horizonte B_{21t}) e de 6,2% (horizonte IIC_1). Examinando-se a fração argila grossa, pode-se notar que o teor deste mineral apresenta uma tendência de aumento até o horizonte B_{22t} , onde atinge um máximo e decresce para 9,1% (horizonte B_{31}). A partir deste horizonte o teor de mica torna a aumentar atingindo um valor máximo no IIC_2 .

O aumento do teor de mica de acordo com a profundidade do solo foi devidamente explicado por JACKSON et al. (26), que em 1948 estabeleceu a sequência de intemperismo para os minerais com diâmetro equivalente esférico inferior a 2μ . Segundo tais autores, a intensidade de intemperização diminui com a profundidade do solo, ou, em outras palavras, a medida que se dirige à

superfície do solo a tendência é encontrar minerais situados nos estágios mais avançados da escala de intemperização.

No caso específico da unidade RP_8 há uma distribuição anormal do teor de mica, vindo a sugerir diversas hipóteses entre as quais a ressilicatação, que foi demonstrada por diversos autores entre os quais GOLDMAN e TRACEY (23) e AOMINE e WADA (4).

Tal processo apesar de existir, limita-se a certas condições especiais, as quais não ocorrem nos solos bem desenvolvidos. Outra hipótese, mais concreta que a anterior, seria a existência de uma descontinuidade litológica, evidenciada pelos seguintes fatos: a) ocorrência de uma linha de pedras; b) dados anormais de distribuição do limo; c) distribuição anormal dos teores de mica.

A mica pode ser reconhecida através dos difratogramas apresentados na figura 7. Assim é que os espaçamentos de 10, 5 e 3,3 Å, correspondentes à primeira, segunda e terceira ordens, permanecem inalterados com os diversos tratamentos de aquecimentos e de glicolação.

Comparando-se os teores da mica obtidos no perfil RP_8 , com aqueles do RP_2 , pode-se observar que os valores do RP_8 são ligeiramente superiores.

O teor de montmorilonita apresentado pelo perfil RP_8 mostra variações extremas de 2,8% (horizonte IIC_1) a 8,6% (horizonte IIC_2) para a argila grossa e de 8,3% (horizonte B_{31}) a 14,4% (horizonte IIC_2) para a argila fina. Do mesmo modo que no perfil RP_2 , este argilo-mineral concentra-se na fração mais fina. Os valores de vermiculita são normalmente baixos para ambas as subfrações da argila. Com exceção do horizonte IIC_1 , os valores deste mineral estão abaixo de 9,3%, com uma ligeira concentração na fração mais grossa.

Semelhantemente ao perfil RP_2 , o mineral dominante nas frações colóidais do RP_8 é a caulinita. Seus valores extremos são

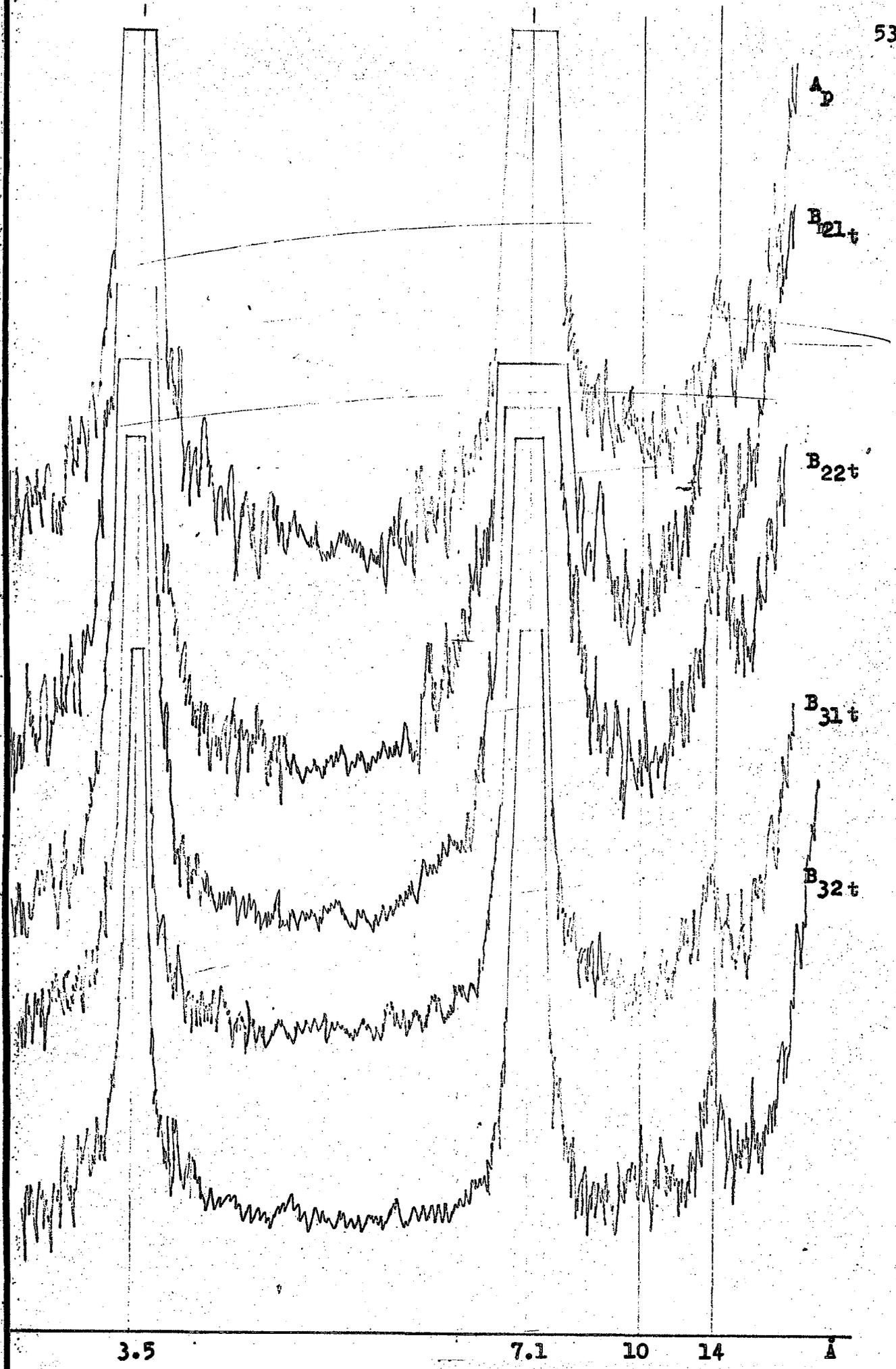


Figura 4. Difratoqramas das fração argila grossa, correspondentes aos horizontes A_p, B_{21t}, B_{22t}, B_{31t} e B_{32t} da unidade FP.

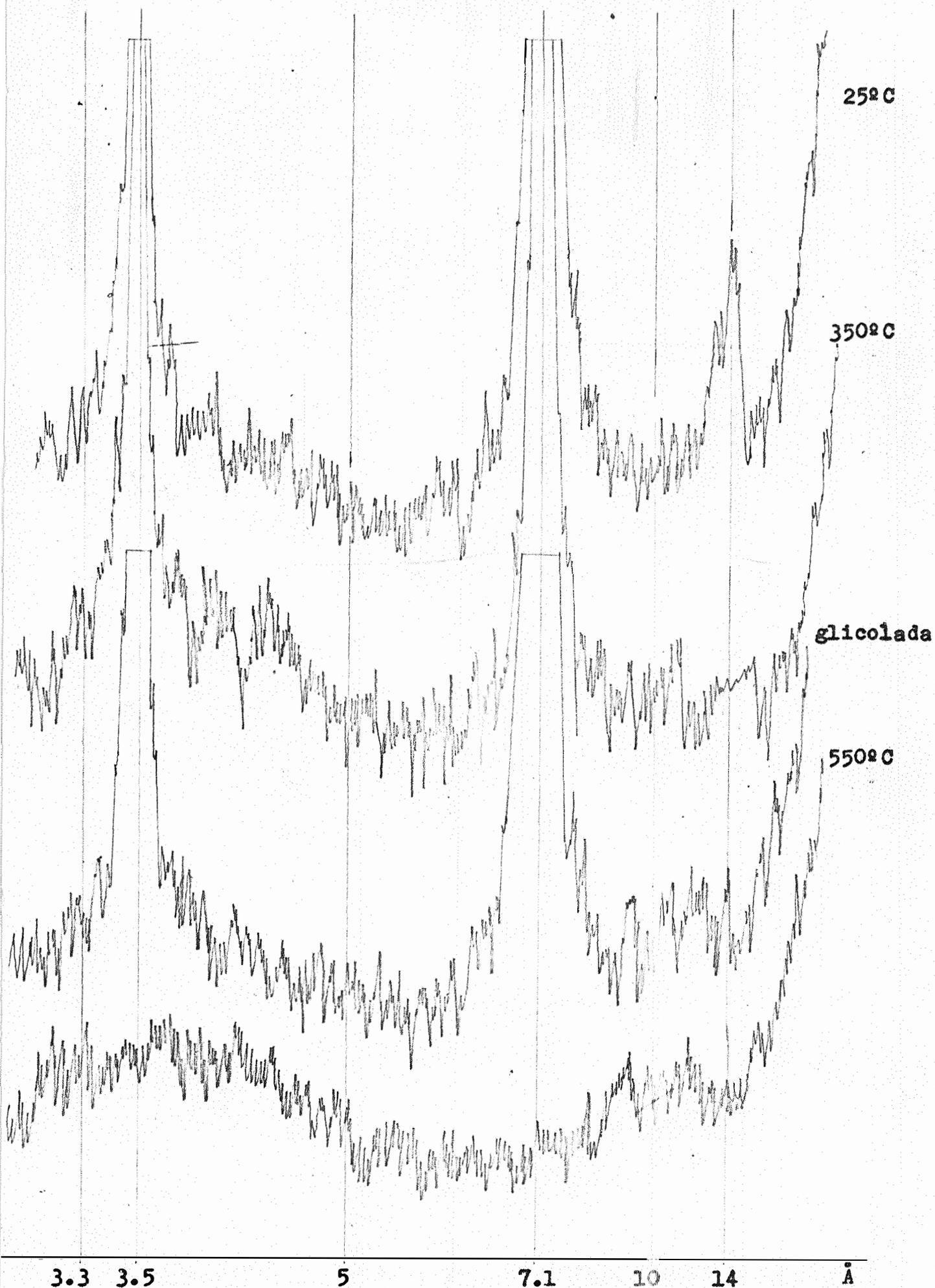


Figura 5. Difractogramas da fração argila fina, horizonte B_{32t} da unidade RP₂.

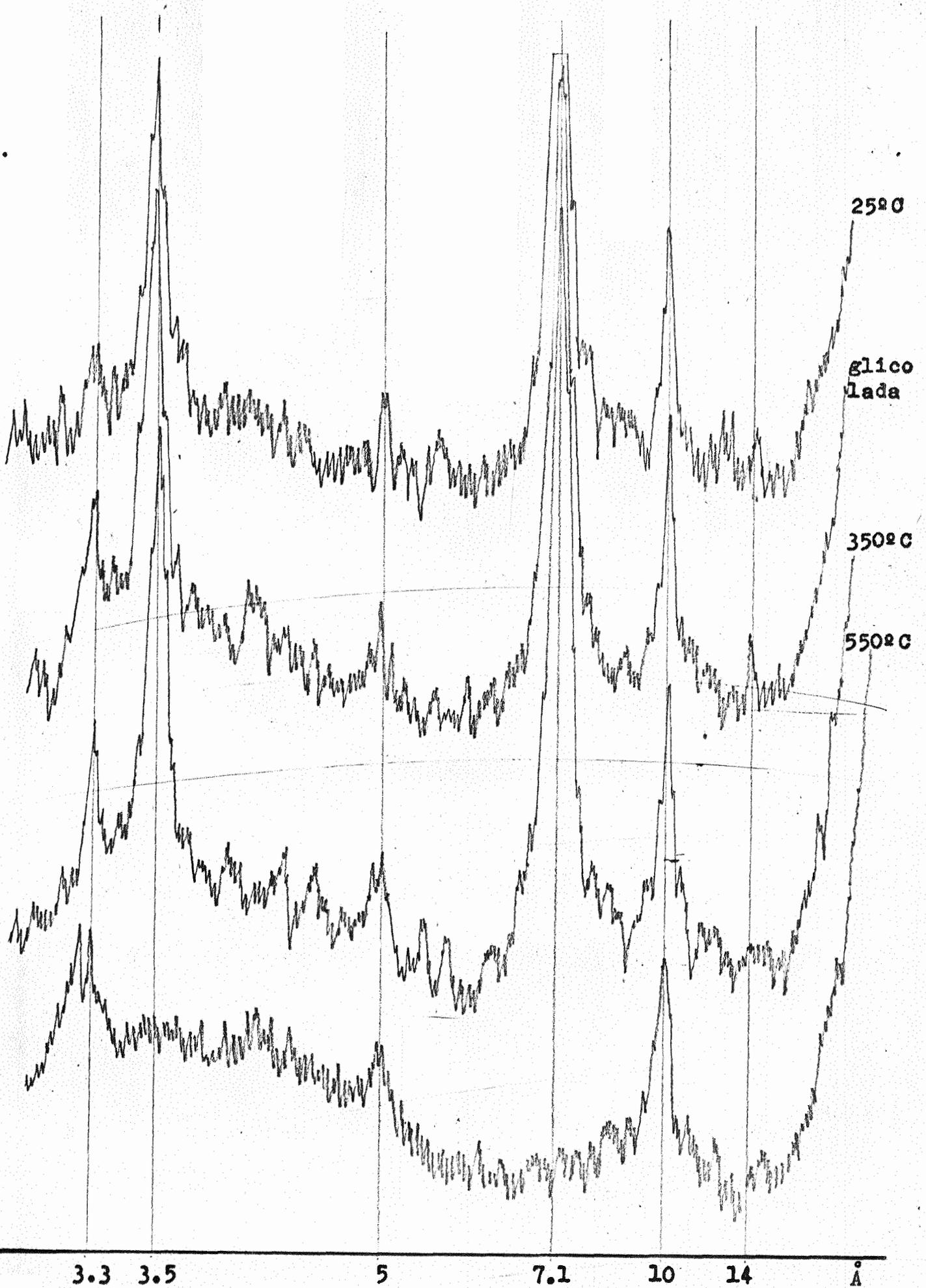


Figura 6. Difratoqramas da fração argila grossa, horizonte IIC₂, da unidade RP₈

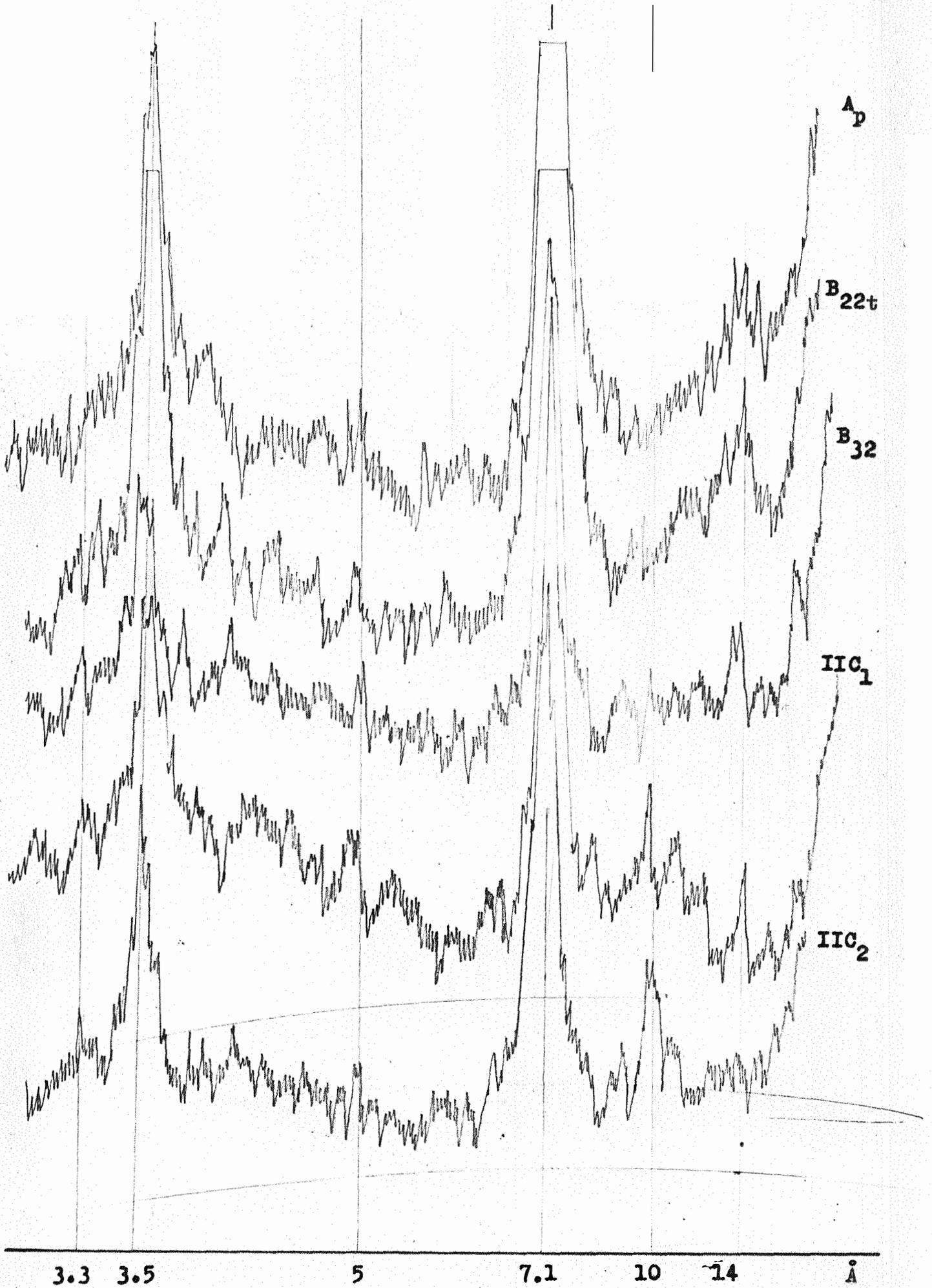


Figura 7. Difractogramas da fração argila fina, horizontes A_p , B_{22t} , B_{32} , IIC_1 , IIC_2 , da unidade RP_8 .

de 42,4% (horizonte B₃₂) a 47,8% (horizonte Ap) para a argila grossa e de 43,0% (horizonte B₃₂) a 54,8% (horizonte Ap) para a argila fina, apresentando um ligeiro decréscimo de acôrdo com a profundidade do solo. A quantidade de material amorfo é elevada sendo, entretanto, menor do que os teores apresentados pela caulinita. Os seus valores estão entre 12 e 17% na fração argila grossa e entre 14 e 20% na fração argila fina, apresentando também um acúmulo na fração mais fina. Esta tendência de concentração destes minerais nas frações mais finas está de acôrdo com os estudos clássicos de gênese de solo (26).

Os valores extremos de gibbsita para o perfil RP₈ estão entre 4,1% (horizonte B_{22t}) a 8,4% (horizonte B_{22t}), na fração argila grossa e variam de 0,5% (horizonte IIC₂) a 5,0% (horizonte B_{21t}) na fração argila fina.

A figura 7 apresenta uma sequência de difratogramas pertencentes aos diversos horizontes da fração argila fina do RP₈. Pode-se observar os espaçamentos da vermiculita, mica, caulinita e gibbsita.

Mineralogicamente a unidade RP₈ é semelhante ao perfil classificado como Terra Roxa Estruturada por QUEIROZ NETO (41) e pelos estudados por MONIZ e JACKSON (36). Entretanto, as demais características, principalmente as morfológicas, excluem-na desta unidade de mapeamento.

Os resultados mineralógicos da unidade RP₇ estão apresentados no Quadro 7. Os teores de mica para as frações argila grossa e fina estão abaixo de 12%, apresentando variações entre 7,0 e 10,8%, para a fração mais grossa, e entre 4,0 e 11,2% para a fração mais fina. O reconhecimento deste mineral pode ser feito observando-se os difratogramas apresentados na figura 11. O pico de 10 Å permanece inalterado com os tratamentos de glicolação e de aquecimentos a 350 e 550°C.

De uma maneira geral as unidades, até agora discutidas, apresentam valores baixos de mica. O perfil RP₈ é o único com

teores um pouco mais elevados.

Os valores de montmorilonita da unidade RP₇ também são baixos, porém, mais elevados do que aqueles da mica. Na fração argila grossa seus valores estão entre 6,6 e 10,0% (horizontes IIC₂ e Ap, respectivamente) e entre 7,9 e 11,7% (horizontes Ap e B_{22t}, respectivamente) na fração argila fina. Como se pode notar, há uma concentração deste mineral, na fração mais fina, seguindo os resultados dos demais solos.

Por outro lado, a vermiculita também apresenta-se com valores baixos, inferiores aos da montmorilonita. A variação extrema do seu teor, para a fração argila grossa é de 3,2% (horizonte Ap) a 10,9% (horizonte IIC₂) e de 1,0% (horizonte B_{21t}) a 5,2% (horizonte Ap) para a fração argila fina. Como se pode observar, este mineral se concentra na fração argila grossa, completamente ao contrário da montmorilonita. O reconhecimento deste argilo-mineral pode ser feito observando-se os difratogramas apresentados na figura 11. O espaçamento de 14 Å (tratamento 25° C) é contraído para a região dos 9-10 Å (tratamento 350° C), permanecendo a 14 Å com o tratamento de glicolação que deve desaparecer com o aquecimento de 550° C.

A permanência do espaçamento a 14 Å (figura 11) com o aquecimento a 550° C pode indicar a ocorrência de clorita. Determinações quantitativas deste mineral não foram feitas devido às dificuldades apresentadas pelo método proposto por ALEXIA - DES e JACKSON (3), quando a caulinita e a gibbsita estão presentes.

De uma maneira geral, os teores dos minerais de grade 2:1 (mica, montmorilonita e vermiculita) dos solos, até agora estudados, somam aproximadamente 2%, tanto da fração argila grossa como da argila fina, para cada horizonte.

A caulinita apresenta os maiores valores, em relação aos outros minerais de argila desta unidade de solo. Os referidos valores oscilam entre 32,3% (horizonte IIC₁) a 47,9% (horizon-

te Ap) para a fração argila grossa e entre 38,0% (horizonte II C₃) a 48,0% (horizonte B₃) na fração argila fina. Seguindo a caulinita, aparece o material amorfo com teores máximos e mínimos de 25,2% (horizonte B₂₁₊) e de 15,6% (horizonte B₃), para a fração argila grossa, e de 30,5% (horizonte IIC₁) a 16,1% (horizonte B₃) para a fração argila fina. Como se pode observar, os valores do material amorfo, semelhantemente aos da caulinita, também se concentram na fração argila fina, ou seja na fração mais intemperizada.

A posição ocupada pelo material amorfo, juntamente com a caulinita no estágio 10, foi proposta por TAMURA et al. (5†). As bases para esta mudança, segundo êsses autores, são devidas à ocorrência comum da alofana, que se forma a partir da intemperização da mica e da montmorilonita, antes da formação da halloysita e da caulinita.

Os teores de gibbsita encontrados para a unidade RP₇ são, normalmente, semelhantes aos teores apresentados pela unidade RP₈, que está colocada em uma cota inferior. O reconhecimento seguro da gibbsita pode ser feito através do pico endotérmico na região dos 300°C apresentado pelos termogramas da figura 9. O aparecimento da gibbsita, tanto para o perfil RP₅ como para o RP₇ e a não ocorrência para a unidade RP₂, sugere que os dois primeiros solos são mais intemperizados que a Terra Roxa Estruturada.

A figura 10 apresenta uma sucessão vertical de difratogramas da fração argila grossa da unidade RP₇. Observam-se através desta figura espaçamentos de 14, 10, 7,1, 5, 3,5 e 3,3 Å típicos dos minerais vermiculita, mica e caulinita.

Os dados referentes à análise mineralógica do perfil pertencente à unidade RP₅ acham-se contidos no Quadro 7. O teor de mica é baixo tanto para a argila grossa como para a argila fina.

Comparando-se o teor de mica nas duas frações da argila

Quadro 7. Análise mineralógica quantitativa das unidades RP₇ e RP₅ (em porcentagem)

H	argila grossa (2 - 0,2 μ) *					argila fina (< 0,2 μ) #								
	Mi	V	Mt.	K	A	G	T	Mi	V	Mt.	K	A	G	T
	<u>Unidade RP₇</u>													
A _p	7,3	3,2	10,6	47,9	22,4	8,0	99,4	9,0	5,2	7,9	40,0	18,7	6,2	87,0
B _{21 t}	8,8	9,9	7,2	35,4	25,2	8,4	94,9	9,0	1,0	9,0	46,6	20,8	6,3	92,7
B _{22 t}	8,7	6,2	6,8	45,7	19,3	4,3	91,0	11,2	2,1	11,7	47,5	21,5	2,2	96,2
B ₃	8,8	10,2	8,5	47,5	15,6	6,9	97,5	9,5	4,6	10,6	48,0	16,1	5,5	94,3
IIC ₁	9,8	10,9	8,9	32,3	23,3	5,0	90,2	7,1	5,0	10,0	41,6	30,1	1,8	95,6
IIC ₂	10,8	6,0	6,6	42,1	22,8	5,1	93,4	4,0	4,2	9,7	40,0	30,5	2,3	90,7
IIC ₃	7,0	9,3	7,8	40,0	22,4	7,7	94,2	8,3	3,1	11,2	38,0	26,0	6,7	93,3
	<u>Unidade RP₅</u>													
A _p	6,5	9,5	5,8	56,4	21,9	-	100,0	6,6	1,0	17,0	47,9	16,8	2,0	91,3
A ₃	6,0	4,6	11,1	45,5	26,0	1,8	95,0	6,1	1,0	5,4	48,1	26,0	2,1	98,7
B _{21 t}	6,5	7,8	5,2	49,9	21,6	3,4	94,4	5,5	1,9	5,5	40,3	27,0	1,5	81,7
B _{22 t}	6,2	7,0	4,0	44,6	23,7	5,4	90,0	5,8	4,6	4,8	35,9	38,3	1,0	90,4
B ₃₁	6,7	7,3	2,3	53,4	24,4	4,0	98,1	6,2	2,4	4,2	42,1	27,6	0,1	82,6
B ₃₂	7,5	12,1	3,6	44,5	21,4	5,2	94,3	5,4	5,9	4,2	46,3	24,0	2,0	87,8
B ₃₃	9,0	1,5	4,2	43,4	28,0	4,0	90,0	5,5	4,2	4,5	46,9	22,6	1,7	85,4
B ₃₄	9,0	6,2	2,3	36,8	26,4	4,4	85,1	5,5	5,0	4,5	40,9	30,0	5,0	90,9

(*) Mi = mica; V = vermiculita; Mt = montmorilonita; K = caulinita; A = material amorfo;
G = gibbsita; T = total.

grossa e fina, constata-se que cabem à argila grossa os maiores valores na maioria dos horizontes. Enquanto os teores extremos de mica para a argila grossa são 9 e 6% (horizontes B_{33} e A_3 , respectivamente), a argila fina apresenta 6,6 e 5,4% (horizontes Ap e B_{32} , respectivamente). Vários pesquisadores encontraram esta diferença nos teores de mica na fração argila e, dentre aqueles que trabalharam com alguns solos do Estado de São Paulo citam-se ESCOBAR (20) e DEMATTE (15). Nestes mesmos dados, pode-se observar, ainda, que os teores de mica na fração argila grossa, ou seja a menos intemperizada, aumentam com a profundidade do solo.

A argila grossa possui valores da caulinita ligeiramente maiores que os da argila fina. Os valores extremos para a argila grossa são 56,4 e 36,8% (horizontes Ap e B_{34} , respectivamente) ao passo que, a argila fina possui 48,1% (horizonte A_3) como máximo e 35,9% (horizonte B_{22t}) representando o valor mínimo. Este é o mineral dotado de maior porcentagem na fração argila da unidade RP_5 . Em segundo lugar, surge o material amorfo onde na maioria dos horizontes, predominam porcentagens um pouco mais elevadas na argila fina, com valores extremos de 38,3% (horizonte B_{22t}) e 16,8% (horizonte Ap), enquanto que, a argila grossa tem 28% (horizonte B_{33}) e 21,4% (horizonte B_{32}). Os teores de montmorilonita se concentram em maior porcentagem na argila fina apresentando 17% (horizonte Ap) e 4,2% (horizonte B_{31}) como valores extremos, enquanto na argila grossa são 11,1% (horizonte A_3) e 2,3% (horizonte B_{34}).

Pode-se observar que a vermiculita está presente em maior porcentagem na argila grossa do que na argila fina como era esperada (26). A maior porcentagem para a argila grossa totaliza 12,1% (horizonte B_{32}) e a menor perfaz 1,5% (horizonte B_{33}). Na argila fina os teores, máximo e mínimo, deste mineral, são 5,9 (horizonte B_{32}) e 1,0% (horizonte Ap).

Os teores relativos à gibbsita adquirem maior expressão na argila grossa. Os máximos para a argila grossa e fina são de 5,4% (horizonte B_{22t}) e 5,0% (horizonte B₃₄), respectivamente, enquanto que os menores valores são 1,8% (horizonte A₃) e 0,1% (horizonte B₃₁). Dentre as unidades pertencentes à topossequência (figura 1) aquela que possui menores teores em gibbsita é a unidade RP₅.

De acordo com os dados de gibbsita, pode-se notar que os perfis RP₈, RP₇ e RP₅ são mais intemperizados que o perfil RP₂, classificado como uma Terra Roxa Estruturada. Observando-se apenas os perfis que constituem a catena de solos apresentada na figura 1, nota-se, perfeitamente, que a unidade RP₅ colocada na posição mais alta do relevo é a unidade menos intemperizada ou seja com menor teor de gibbsita. Este resultado está de acordo com o conceito de catena de solos proposto por MILNE (34). Este pesquisador estabeleceu, em seu conceito de catena, que os solos colocados nas partes altas são mais jovens do que os solos de encosta e estes mais jovens do que os de sopé.

A ocorrência de minerais interestratificados nos solos estudados pode ser notada pelas figuras 5 e 11. Observa-se que entre os espaçamentos de 10 a 14 Å há diversos picos. Esses espaçamentos se contraem para a região de 10 - 11 Å com aquecimentos de 350°C e 550°C. Segundo CARROLL (10), na região de clima tropical a sequência de interestratificação seria: montmorilonita → halloysita → caulinita.

A presença de minerais interestratificados em solos e sedimentos é muito mais comum do que se pensava. Assim é que WEAVER (53) verificou que 70% das 6.000 amostras de material sedimentar examinadas apresentam variedades de interestratificação. A ocorrência de minerais interestratificados pode ser devida a: 1) degradação como produto da intemperização das rochas e solos; e 2) diagênese.

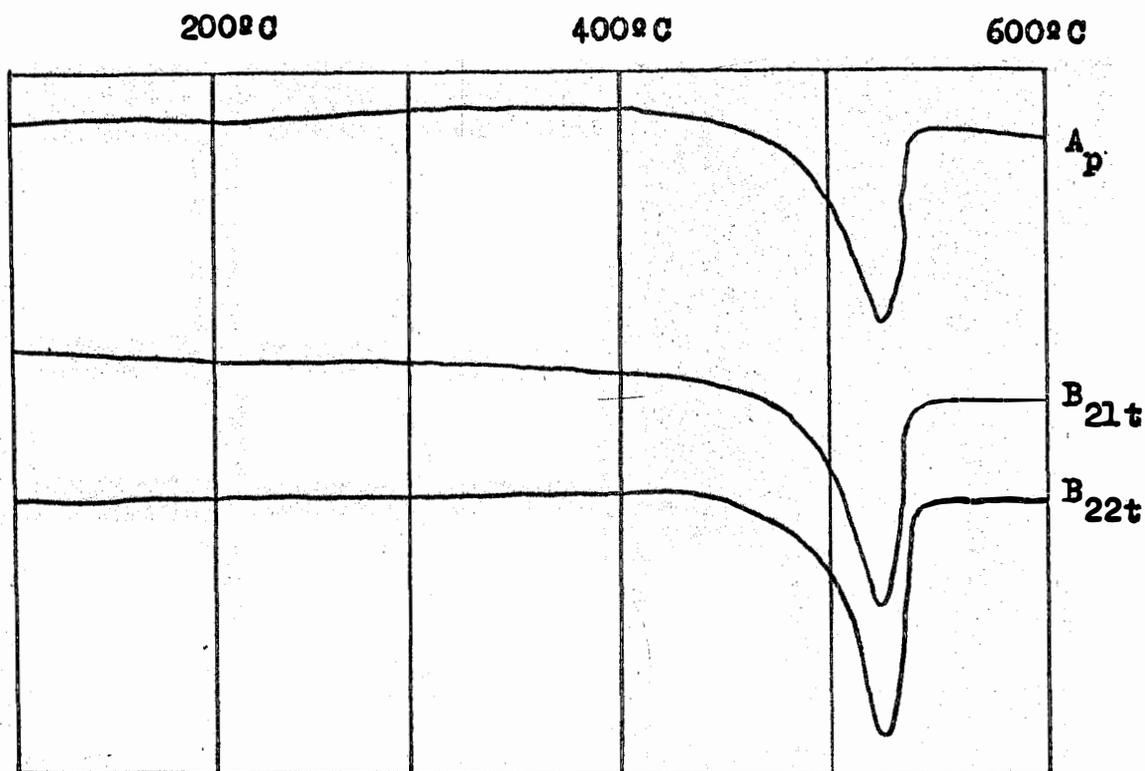


Figura 8. Termogramas da fração argila fina dos horizontes A_p, B_{21t} e B_{22t} da unidade RP₂.

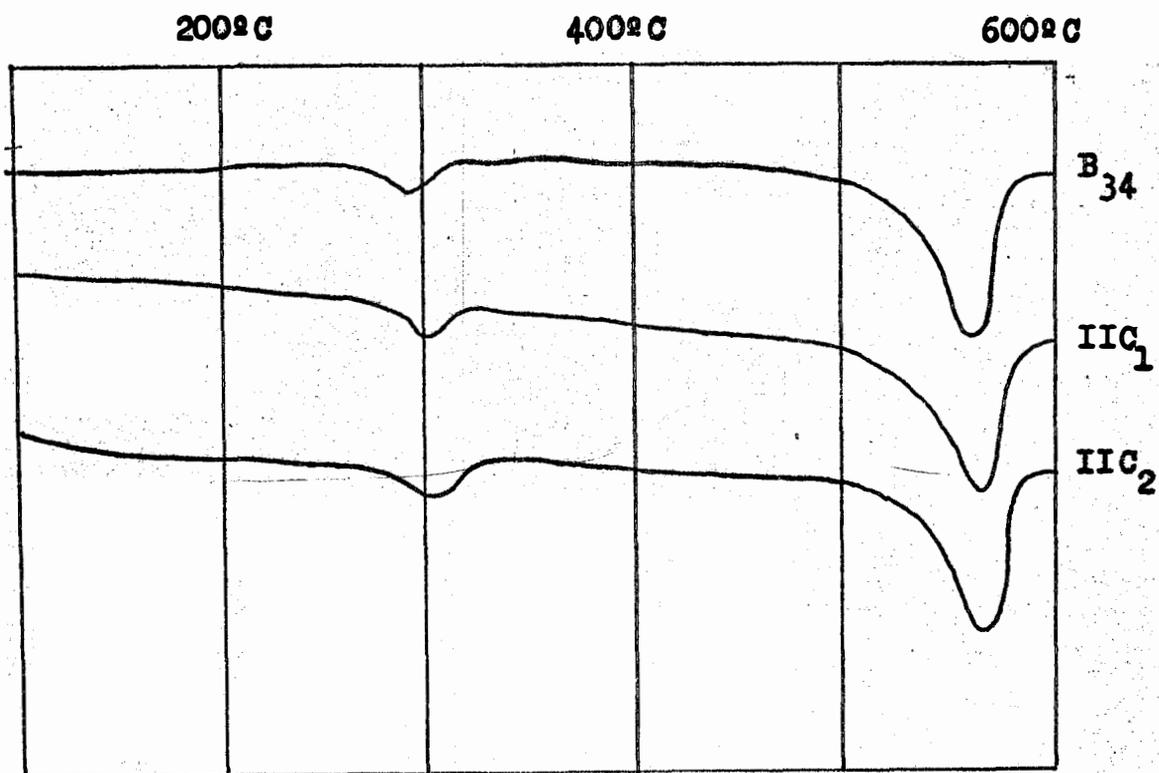


Figura 9. Termogramas da fração argila fina do horizonte B₃₄ da unidade RP₅ e horizontes IIC₁ e IIC₂ da unidade RP₇.

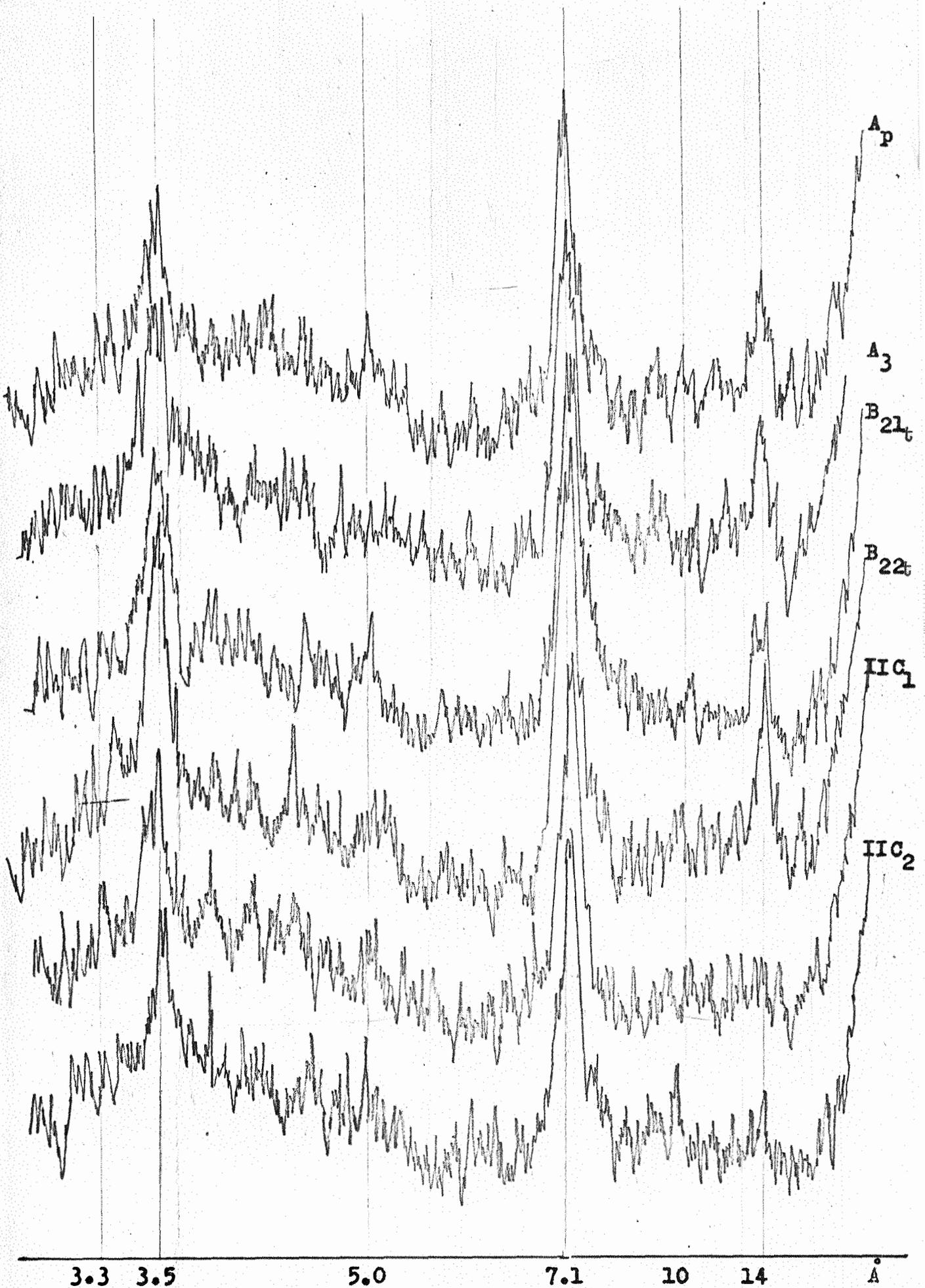


Figura 10. Difratoqramas da fração argila grossa, horizontes A_p , A_3 , B_{21t} , B_{22t} , IIC_1 , IIC_2 , da unidade RP_7 .

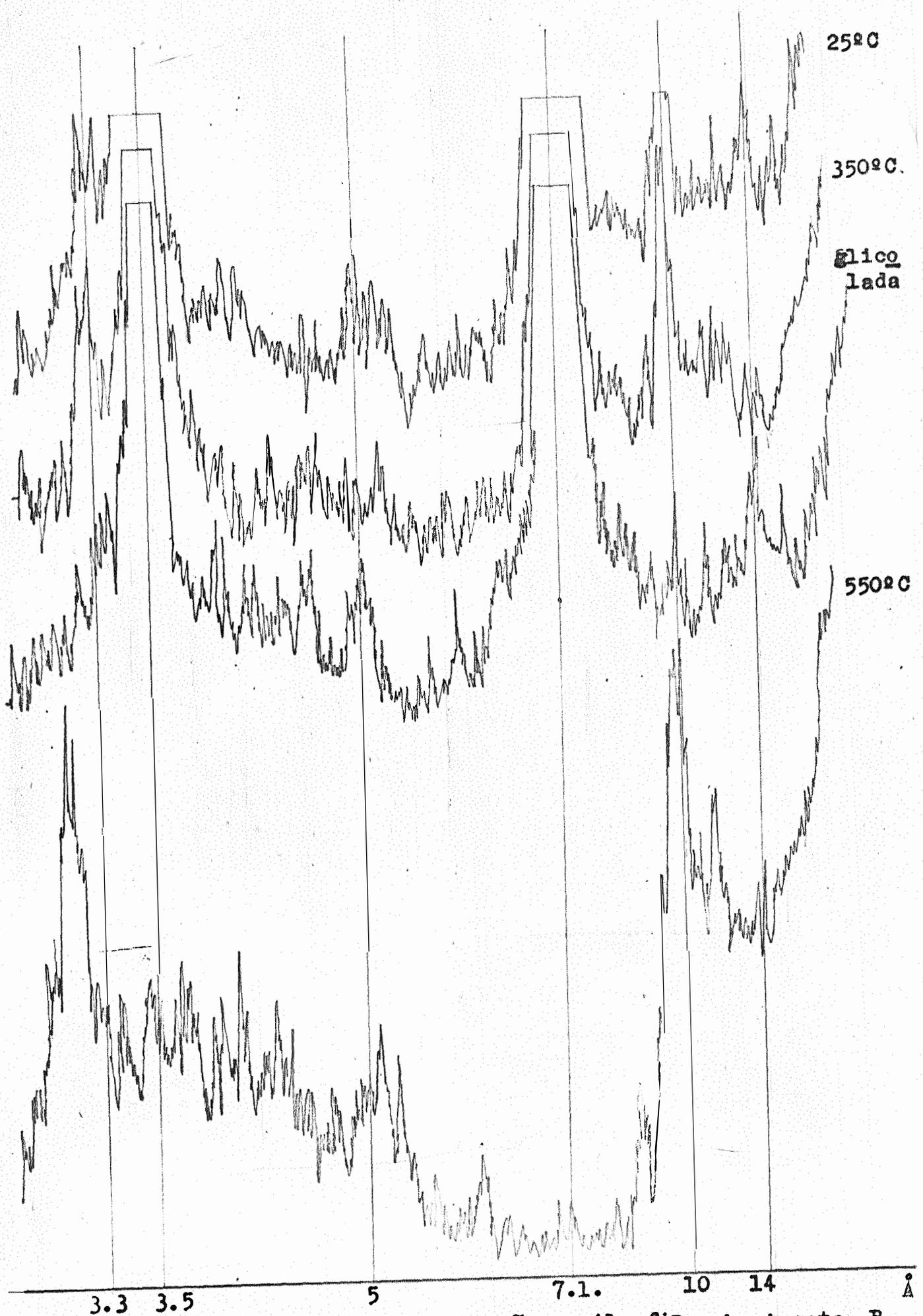


Figura 11. Difractogramas da fração argila fina, horizonte B_{22t} da unidade RP₇.

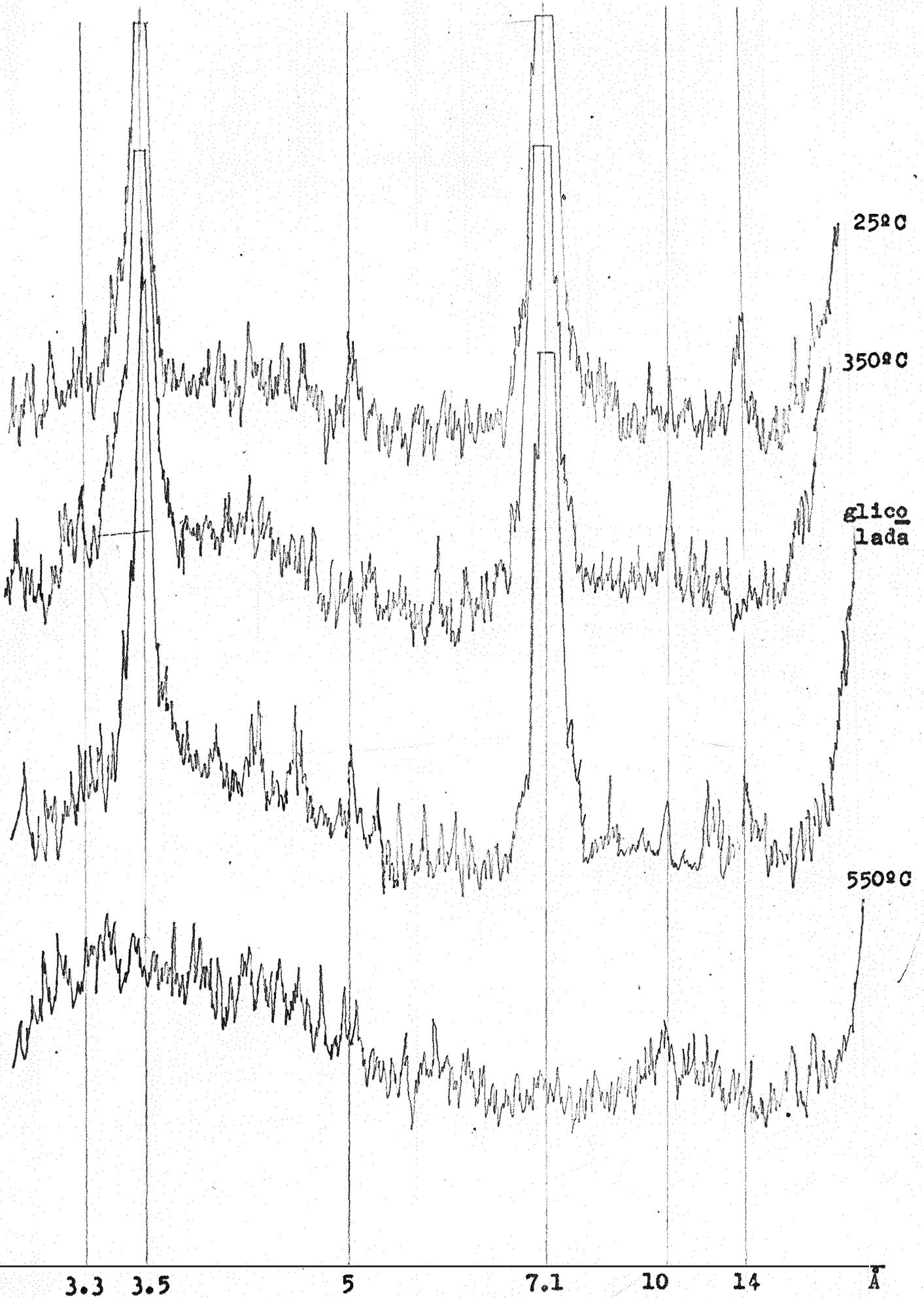


Figura 12. Difratoqramas da fração argila grossa, horizonte B_{2t} da unidade RP₅.

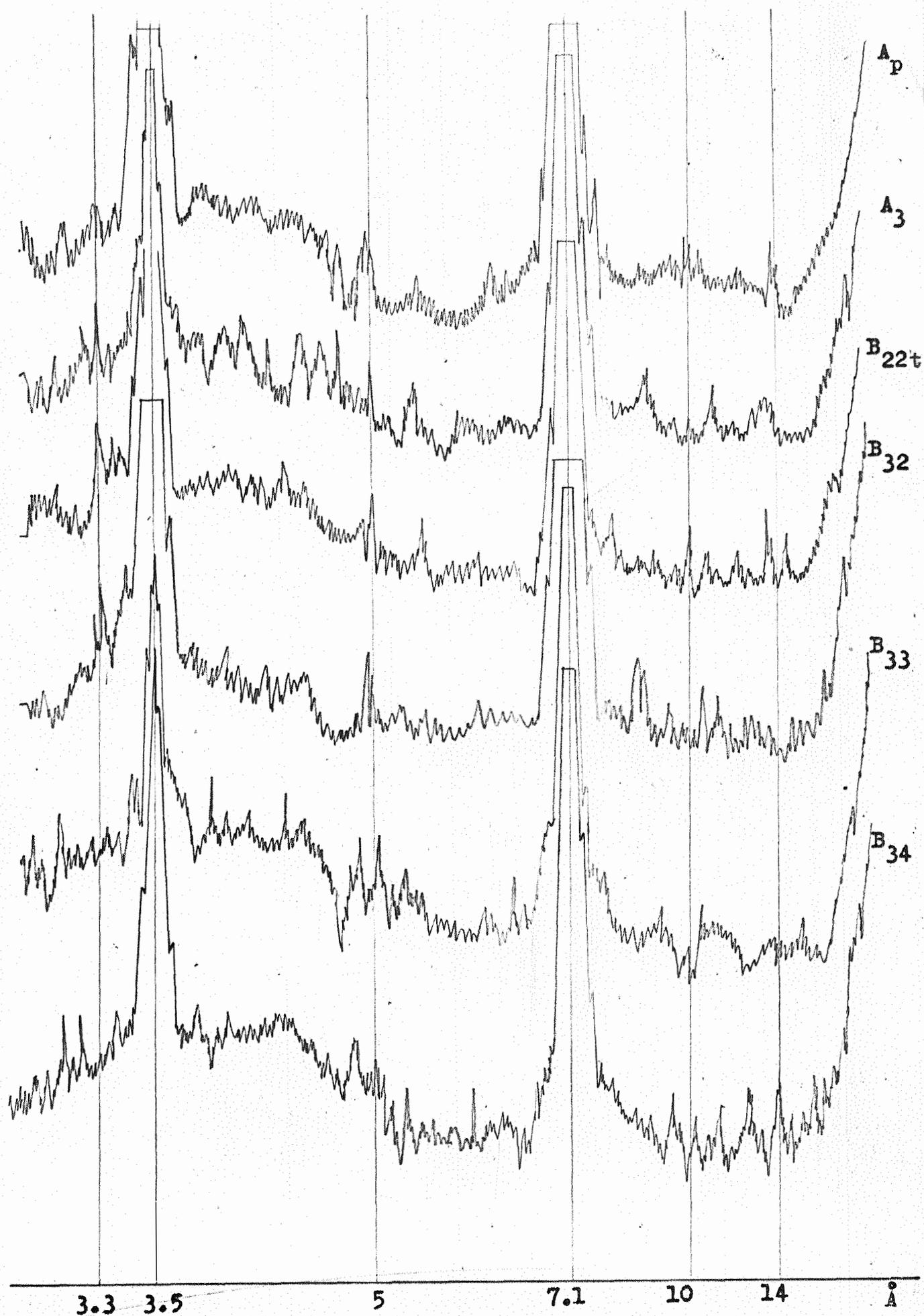


Figura 13. Difratoqramas da fração argila fina, horizontes A_p , A_3 , B_{22t} , B_{32} , B_{33} , B_{34} , da unidade RP_5 .

5.4 - Classificação de Solos

Neste capítulo é apresentada uma tentativa de classificação dos solos estudados ao nível de família. Os critérios seguidos para tal classificação foram aqueles preconizados pelo SOIL SURVEY STAFF (49) publicados em 1967. Os dados analíticos e morfológicos já foram devidamente apresentados nos itens 5.1, 5.2 e 5.3.

O perfil RP_2 apresenta um epipedon mólico e um horizonte diagnóstico de subsuperfície denominado argílico. Devido a estas características este solo foi enquadrado na ordem Molis sol, subordem Udoll e grande grupo Argiudoll. De acordo com as características da cor e a distribuição da fração argila, foi possível enquadrar este perfil no subgrupo Argiudoll típico. O nível taxonômico inferior recebeu a denominação de Argiudoll típico, fino, caulínico, isotérmico.

O perfil RP_2 difere, ao nível de subgrupo, da série Bairrinho, classificada como Aquic argiudoll. Deve-se notar que esta série Bairrinho pertence ao grande grupo Mediterrânico Vermelho Amarelo (RANZANI et al. 42).

O epipedon ócrico e o valor de saturação de bases do horizonte argílico da unidade RP_3 fazem com que este solo seja enquadrado na ordem Ultissol e subordem Udult. As características de cor e de distribuição da fração argila levam este perfil ao grande grupo Rhodudult. Devido às características de cor, textura e ausência de plintita no argílico, o subgrupo correspondente é o Rhodudult típico.

As características da textura, mineralogia e temperatura fazem com que esta unidade seja enquadrada na família Rhodudult típico, fino, caulínico, isotérmico.

O perfil correspondente à unidade RP_7 possui um epipedon ócrico e um horizonte argílico, este a partir dos 40 cm. De acordo com os valores da saturação de bases do argílico tal solo pode ser classificado na ordem Alfissol e subordem Udalt.

As características de temperatura do solo na seção de controle aliada à ausência de horizonte ágrico, de plintita e de um horizonte nátrico, fez com que a unidade RP₇ fôsse enquadrada no grande grupo Tropudalf. O subgrupo Tropudalf típico foi o que mais se enquadrou dentro das características da unidade RP₇.

Finalmente, ao nível de família, a classificação será: Tropudalf típico, fino, caulínítico, isotérmico.

As características morfológicas e os dados analíticos do perfil RP₅ permitem classificá-lo como pertencente à ordem Ultissol e subordem Udult. As características de cor e distribuição granulométrica fazem com que esta unidade seja enquadrada no grande grupo Rhodudult e subgrupo Rhodudult típico. Ao nível de família esta unidade pode ser enquadrada no Rhodudult típico, barro fino, silicoso, isotérmico.

Através dos resultados obtidos verificou-se que os solos aqui estudados podem ser perfeitamente classificados pelo sistema apresentado pelo SOIL SURVEY STAFF (49) contudo, das quatro unidades estudadas, apenas a unidade RP₂ (Terra Roxa Estruturada) pode ser classificada de acordo com os conceitos apresentados pela COMISSÃO DE SOLOS (13).

5 - CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, com o material e métodos empregados, os dados obtidos, analisados e interpretados permitiram enumerar as seguintes conclusões:

- 5.1 - A caulinita foi o mineral de argila dominante para todos os solos e, nas duas frações, com teores normalmente superiores a 40%.
- 5.2 - Os teores do material amorfo vieram logo após a caulinita com variações de 12,8% (horizonte Ap, unidade de RP₈) a 26,4% (horizonte B₃₄, unidade RP₅) para a fração argila grossa e de 14,0% (horizonte IIC₂, unidade de RP₈) a 30,5% (horizonte IIC₂, unidade RP₇) para a fração argila fina.
- 5.3 - Os valores de caulinita e do material amorfo normalmente se concentram na fração argila fina.
- 5.4 - Os minerais de grade 2:1 (mica + montmorilonita + vermiculita) normalmente ocupam 22% da fração argila.
- 5.5 - A gibbsita foi constatada nas unidades RP₅, RP₇ e RP₈, com teores normalmente abaixo de 10%.
- 5.6 - Não foi encontrado quartzo na fração argila de nenhum solo estudado.
- 5.7 - A unidade RP₂ é a unidade menos intemperizada.
- 5.8 - As unidades RP₅, RP₇ e RP₈ são solos retrabalhados e não são desenvolvidos da rocha existente no local.
- 5.9 - A unidade RP₂ foi classificada como pertencente ao grande grupo Terra Roxa Estruturada.
- 5.10 - Não foi possível enquadrar as unidades RP₅, RP₇ e RP₈ dentro das especificações da Comissão de Solos.

5.11 - Ao nível de família as unidades estudadas foram classificadas como a seguir:

- a) Unidade RP_2 - Argiudoll típico, fino, caulínítico, isotérmico;
- b) Unidade RP_8 - Rhodudult típico, fino, caulínítico, isotérmico;
- c) Unidade RP_7 - Tropudalf típico, fino, caulínítico, isotérmico; e
- d) Unidade RP_5 - Rhodudult típico, barro fino, silicoso, isotérmico.

7 - RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o estudo de quatro unidades de solos situadas na bacia hidrográfica do Ribeirão das Palmeiras, no município de Rio das Pedras, Estado de São Paulo. Foram pesquisadas as características morfológicas, químicas e mineralógicas, tendo-se como finalidades: a) o conhecimento da fração coloidal mineral dos solos em estudo; b) o esboço de uma tentativa de classificação das unidades de solos, adotando-se os critérios propostos na "7th. Approximation" pelo SOIL SURVEY STAFF (49).

Foram coletados perfis, em número de quatro, pertencentes a idêntico número de unidades de solos. A coleta se processou em trincheira aberta até os dois metros, sendo que para profundidades maiores usou-se o trado. Obtidas as amostras de solos procederam-se as determinações mecânica, química e mineralógica.

Para as amostras destinadas à análise mineralógica foram eliminados os óxidos de ferro livres e a matéria orgânica, separando-se depois a fração argila em argila grossa ($2 - 0,2 \mu$) e argila fina ($< 0,2 \mu$). Em seguida, procederam-se as determinações químicas (% de K_2O , sílica, alumina) e mineralógicas (raios X e análise térmica diferencial).

Os dados relacionados à análise mineralógica quantitativa da fração argila deixam evidente o nítido predomínio da caulinita que, normalmente, apresenta teores acima de 40%. Os teores relativos ao material amorfo sobressaem-se, após aqueles da caulinita, com variações de 12,8% (horizonte Ap da unidade RP₈) a 26,4% (horizonte B₃₄ da unidade RP₅) para a fração argila grossa, e de 14,0% (horizonte IIC₂ da unidade RP₈) a 30,5% (horizonte IIC₂ da unidade RP₇) para a fração argila fina. A caulinita e o material amorfo apresentam-se com valores ligeiramente mais elevados na fração argila fina.

Os minerais vermiculita, mica e montmorilonita conjuntamente, perfazem, em média, 22% da fração argila. A gibbsita não se fez presente na unidade RP₂, ao passo que, nas outras unidades, seu teor, normalmente, está abaixo de 10%. A fração argila das unidades estudadas não possui quartzo, e o maior valor encontrado para a mica foi de 18,5% (horizonte IIC₂ -unidade RP₈) correspondente à argila grossa. Convém salientar que este valor está distante da média, pois ela atinge somente 8%. Os teores de vermiculita diminuem da argila grossa para a argila fina e os da montmorilonita aumentam da argila grossa para a argila fina.

Enfim, as unidades de solos estudadas foram classificadas ao nível de família, recebendo as seguintes denominações: unidade RP₂, Argiudoll típico, fino, caulínítico, isotérmico; unidade RP₈, Rhodudult típico, fino, caulínítico, isotérmico; unidade RP₇, Tropudalf típico, fino, caulínítico, isotérmico; unidade RP₅, Rhodudult típico, barro fino, silicoso, isotérmico.

SUMMARY

The objective of this work was to study four soil units located in the hydrographic basin of Ribeirão das Palmeiras in the state of São Paulo.

The morphological, chemical and mineralogical characteristics were analysed with the following aims: a) the knowledge on mineral colloidal fraction of these soils; b) an attempt to classify the soils at family level according to the 7th Approximation / was tried.

The soils were named RP₂, RP₃, RP₇ and RP₅. One profile two meters deep (open pits) was sampled from each unit. In order to collect soil samples beyond two meters the soil auger with extension was used. Chemical, mechanical, and mineralogical analysis of the soil samples were carried out.

The soil samples reserved to mineralogical study were treated with H₂O₂ to remove organic matter, and free MnO₂. Dithionite-citrate-bicarbonate treatment was used to remove free iron / oxides. The treated samples were dispersed and the clay fraction was separated into two fractions: coarse clay (2-0,2 μ) and fine clay (<0,2 μ). Further, chemical (% K₂O, silica, alumina) and mineralogical (X-ray and DTA) analysis were accomplished.

In the clay fraction (coarse or fine clay) it was found the highest kaolinite percentage (~40%). The amorphous material is the second important clay mineral after the kaolinite with concentration ranging from 12,8% (Ap horizon-RP₃ unit) to 26,4% (B₃₄ horizon-RP₅ unit) in coarse clay, and from 14,0% (IIC₂ horizon³⁴-RP₃ unit) to 30,5% (IIC₂ horizon - RP₇ unit) in the fine clay fraction. Kaolinite and amorphous materials were slightly dominant in fine clay.

The results showed that vermiculite plus mica and montmorillonite minerals reached 22% of the total clay fraction. The gibbsite was absent in RP₂ unit, while in RP₅, RP₇ and RP₃ units it was found less than 10% of this mineral. The quartz was absent in the clay fraction and the major content of mica was 13,5% - - (IIC₂ horizon - RP₃ unit) in coarse clay. The average of this latter mineral was only 8%. The vermiculite content decreased from coarse clay to fine clay and montmorillonite percentage increased from coarse clay to fine clay.

Finally, the soil units studied were classified and named as follows: RP₂ unit, Argiudoll typic, fine, kaolinitic, isothermic; RP₃ unit, Rhodudult typic, fine, kaolinitic, isothermic; RP₇ unit, Tropudalf typic, fine, kaolinitic, isothermic; RP₅ unit, Rhodudult typic, loam fine, siliceous, isothermic.

8 - BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALEXANDER, L.T., S.B. HENDRICKS, and G.T. FAUST - 1941 - Occurrence of gibbsite in some soil-forming materials Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6 : 52-57.
2. ALEXIADES, C. A., and M.L. JACKSON - 1965 - Quantitative determination of vermiculite in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29 : 522-527.
3. _____ - 1966 - Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. Clays and clay minerals. 14 th Conf. p. 35-42. Pergamon Press. New York.
4. AOMINE, S., and K. WADA - 1962 - Differential weathering of volcanic ash and pumic, resulting in formation of hydrated halloysite. Am. Mineralogist. 47 : 1024-1048.
5. BORCHARDT, G. A., M. L. JACKSON and F.D. HOLE - 1966 - Expansive layer silicate genesis in soils depicted in mica pseudomorphs. Proceedings International Clay Conference 1 : 175-185. Israel Program. Sci. Trans. Jerusalem.
6. BRAMAO, D. L, & R. DUDAL - 1958 - Climate, vegetation and rational land utilization in the humid tropics. In 9 th Pacific Sci. Congr. Bangkok (mimeografado).
7. BRAMAO L., J. G. CADY, S. B. HENDRICKS, M. SWERDLOW - 1952 - Criteria for the characterization of kaolinite, halloysite and a related mineral in clays and soils. Soil Sci. 73 : 273-287.
8. BREWER, R. - 1964 - Fabric and mineral analysis of soils Wiley Sans. Inc., New York - London - Sidney. 470 p.
9. CADY, J. G. - 1960 - Mineral occurrence in relation to soil profile differentiation - Trans. Seventh International Congr. Soil Sci. Madison, 4 : 418-423

10. CARROL, D. - 1970 - Clay minerals. A guide to their X-ray identification. The Geological Society of America. Special Paper 126. VII. 80 p.
11. CATANI, R. A., J.R. GALLO e H. GARGANTINI - 1955 - Amostragem de solo. Métodos de análise. Interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. IAC. São Paulo.
12. CLINE, M. G. - 1955 - Soil Survey. Territory of Hawaii U. S. Dept. Agr. Soil Cons. Service.
13. COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA - 1960 - Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de São Paulo - Rio de Janeiro - Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Boletim 12. 634 p.
14. _____ - 1962 - Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região sob Influência do Reservatório de Furnas - Rio de Janeiro - Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Boletim 13. 462 p.
15. DEMATTE, J. L. I. - 1970 - Gênese e classificação dos solos originados de sedimentos do grupo geológico Estrada Nova, Município de Piracicaba. Tese de Livre-docência. 123 p (mimeografado).
16. _____ e A. C. MONIZ - 1969 - Estudo pedológico de três perfis da série Guamium. VII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Curitiba, Paraná, Brasil.
17. DE VILLIERS, J. M. - 1964 - The genesis of some Natal soils, I. Clovely, Kranskop and Balmoral series S. Afr. J. Agric. Sci. 7 : 417-438.
18. DIVISÃO DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. Ministério da Agricultura - 1967 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul, Primeira etapa. Planalto Rio Grandense - Pesq. Agrop. bras. 2 : 71-209
19. EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. Ministério da Agricultura. I Levantamento de reconhecimento dos

- solos da zona de Iguatemi, Mato Grosso. Bol. Tec. nº 10.
20. ESCOBAR, E. H. - 1969 - Gênese e classificação de alguns solos da Bacia do Tijuco Preto. Rio das Pedras. Tese de M.S. E.S.A. "Luiz de Queiroz" Piracicaba. Estado de São Paulo 59p.
 21. GLORIA, N. DA., R. A. CATANI e T. MATUO - 1964 - Método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio "troçável" de solo. XXI Anais da ESALQ. Piracicaba. São Paulo.
 22. _____ - 1965 - Determinação da capacidade de troca de cations do solo, por fotometria de chama. Anais da ESALQ - XXII - 4-9. Piracicaba. São Paulo.
 23. GOLDMAN, M. L. and J. I. Jr. TRACEY - 1946 - Relation of bauxite kaolinite in the Arkansas bauxite deposits. Econ. Geol. 41 : 567-575.
 24. HARDY, F. and G. RODRIGUES - 1939 - The genesis of Davidson clay loam. Soil Sci. 48 : 483-495.
 25. HSEUNG, Y. and M. L. JACKSON - 1952 - Mineral Composition of the clay fraction III. Of some main soil groups of China Soil Sci. Amer. Proc. 16 : 294-297.
 26. JACKSON, M. L., B. A. TYLER, A. L. WILLIS, G. A. BOURBEAU and R. P. PENNINGTON - 1948 - Weathering sequence of clay size minerals in soils and sediments : I - Fundamental generalization - Jour. of Phys. and Colloid Chemistry 52 : 1237-1260.
 27. _____ - 1956 - Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. N. Y. 498 p.
 28. _____ - 1965 - Soil Chemical Analysis Advanced Course Univ. of Wisconsin. Madison Wis. U.S.A. 991p(mi - meografado).
 29. _____ - 1968 - Weathering of Primary and Secondary Minerals in Soils - 9 th International Congress of Soil Sci. Trans. - Adelaide - Australia. IV : 261-292.

30. JEFFRIES, C. D. and M. L. JACKSON - 1949 - Mineralogical Analysis of Soils. Soil Sci. 68 : 57-73.
31. KELLER, W.D. - 1964 - Processes of origin and alteration of clay minerals - Soil Clay Mineralogy : A Symposium C. I. Rich and Kunze ed. Univ. of North Caroline Press, Chapel Hill. 330 p.
32. MELFI, A. J., V. A. V. GIRARDI e A.C. MONIZ - 1966 - Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo". Bragantia, 25 : 9-30.
33. MEZZALIRA, S. - 1965 - Descrição geológica e geográfica / das fôlhas de Piracicaba e São Carlos, S.P. Inst. Geogr. e Geológico. São Paulo. Boletim nº 43.
34. MILNE, G. - 1936 - Normal erosion as a factor in soil profile development Nature, v. 138, p. 548.
35. MOHR, E. C. J. and F. A. VAN BAREN - 1954 - Tropical soils. Interscience, New York.
36. MONIZ, A. C. and M. L. JACKSON - 1967 - Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate - Wisconsin Soil Sci. Report 212.
37. NYUN, M. A. & McCALEB, S. B. - 1957 - The reddish brown lateritic soils of the North Caroline piedmont regions : Davidson and Hiwassee series. Soil Sci. 80 : 27-41.
38. PAIVA NETO, J. E. - 1942 - A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. Bragantia 2 : 355-432.
39. PAIVA NETO, J. E., R. A. CATANI, A. KUPPER, H. PENNA MEDINA, F. C. GUTMANS e A. C. NASCIMENTO - 1951 - Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia 11 : 227-253.
40. PIPER, C. S. - 1944 - Soil and Plant Analysis. A Laboratory Manual of Methods for the Examination of Soils and the Determination of the Inorganic Constituents of Plants. The University of Adelaide. Adelaide.

41. QUEIROZ NETO, J. P. - 1969 - Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação. Tese de Doutorado E.S.A. "Luiz de Queiroz" Piracicaba. São Paulo 123 p (mimeografado)
42. RANZANI, G., O. FREIRE e T. KINJO - 1966 - Carta de Solos / de Municipio de Piracicaba, E. S. A. "Luiz de Queiroz" Piracicaba. São Paulo. 83 p (mimeografado).
43. _____ - 1968 - Pequeno guia para levantamento de solos. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba. São Paulo.
44. RUHE, R. - 1959 - Stone lines in soils. Soil Sci. 87 : 223-231.
45. SETZER, J. - 1949 - Os solos do Estado de São Paulo. Publicação nº 6 da série "A" C.N.G. Rio de Janeiro. IBGE.
46. SHERMANN, G. D. and L. T. ALEXANDER - 1959 - Characteristics and genesis of Low Humic Latosols. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23 : 168 - 170.
47. SINGER, A. - 1960 - The mineralogy of the clay fraction / from basaltic soils in the Galilee, Israel. Journal of soil science, 17 : 136 - 147.
48. SOIL SURVEY STAFF - 1960 - Soil Classification - A Comprehensive System. 7th Approximation. Soil Conservation Service. U.S.D.A.
49. _____ - 1967 - Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Second Printing. Soil Conservation Service. U.S.D.A.
50. SOMBROEK, W. G. - 1966 - A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon regions. Amazon soils. Centre for Agricultural Publication and Documentation. Wageningen.
51. TAMURA T, M.L. JACKSON and G. D. SHERMAN - 1953 - Mineral content of Low Humic, Humic and Hydrol-Humic Latosols of Hawaii - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17 : 343- 346.
52. TEIXEIRA MENDES A. C. - 1968 - Ocorrência de Halloysita / em solos do Municipio de Pindorama - Tese de Livre Docên -

cia. E. S. A. "Luz de Queiroz" - Piracicaba. São Paulo .
70 p.

53. WEAVER , C. E. - 1956 - The distribution and identifica -
tion of mixed-layer in sedimentary rocks. Am. Mineralogist
41 : 202:221.