

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

**EDMUNDO HONORIO ESCOBAR**

Engenheiro Agrônomo

Técnico do Inta — E. E. A. Bella Vista

Corrientes - Argentina

Tese apresentada ao Conselho Diretor dos  
Cursos Pós-Graduados da E.S.A. "Luiz de  
Queiroz", para obtenção do título de "MAGIS-  
TER SCIENTIAE".

**PIRACICABA**  
Estado de São Paulo - Brasil  
Novembro de 1969

A minha mãe,

espôsa e filhos

ofereço

## AGRADECIMENTOS

Expressamos os nossos sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pela orientação e colaboração na execução do presente trabalho.

Prof. Dr. Antônio Carlos Teixeira Mendes, pelas sugestões e colaboração prestada, inclusive ao ceder gentilmente o laboratório de Mineralogia de Solos.

Dr. Antônio C. Moniz, no laboratório do qual foram realizadas as análises de raio-X, térmica diferencial e parte das análises químicas, além das sugestões e colaboração oferecidas.

Dr. Elliot Kitajima, pelas micrografias eletrônicas de argila, as quais foram cedidas gentilmente para este trabalho.

Funcionários das Cadeiras 10ª e 2ª, Química Analítica e Química Agrícola, respectivamente, pela utilização dos aparelhos e orientação prestada.

Professores do Curso de Solos, pela ajuda e colaboração oferecidas em todo o momento.

Sr. Vinícius Ferraz, pelas análises químicas do solo realizadas.

Sr. Miguel Célio Hyppólito, pela datilografia e mimeografia da tese.

Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA - pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida.

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas - IICA - pela bolsa de estudo outorgada.

Agradecemos também a todos que de uma forma ou de outra, concorreram na apresentação desta pesquisa.

## Í N D I C E

página

1 -	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 -	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
3 -	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	6
	3.1 - <u>Material</u> .....	6
	3.1.1 - Característica do meio físico.....	6
	3.1.2 - Solos.....	6
	3.1.3 - Aparelhos utilizados.....	7
	3.2 - <u>Métodos</u> .....	8
	3.2.1 - Trabalho de campo.....	8
	3.2.2 - Análise mecânica do solo.....	9
	3.2.3 - Análise da fração argila do solo.....	10
	a) Remoção dos sais solúveis , da matéria orgânica e do óxido de ferro livre.....	10
	b) Dispersão e fracionamento da fração argila.....	10
	c) Preparo e montagem de amostras orientadas.....	11
	d) Deter inação do potássio total.....	11
	e) Determinação da capacidade de troca de cátions.....	12
	f) Reconhecimento dos minerais de argila...	12
	g) Análise quantitativa dos minerais de argila.....	12
	h) Micrografia eletrônica.....	13
	3.2.4 - Análise química do solo.....	13
4 -	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	14
	4.1 - <u>Descrição morfológica e análise química</u> .....	14
	4.2 - <u>Descrição morfológica e análise mecânica</u> .....	21
	4.3 - <u>Análise mineralógica</u> .....	26
	4.4 - <u>Intemperização dos solos</u> .....	43
	4.5 - <u>Classificação dos solos</u> .....	46
5 -	<u>CONCLUSÕES</u> .....	48
6 -	<u>RESUMO</u> .....	50
7 -	<u>RESUMEN</u> .....	52
8 -	<u>SUMMARY</u> .....	54
9 -	<u>BIBLIOGRAFIA CITADA</u> .....	56

## 1 - INTRODUÇÃO

O solo é um sistema complexo formado por numerosos componentes que diferem entre si por suas propriedades físicas e químicas. Do ponto de vista da Edafologia é o solo que atua como meio para o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais. As partículas minerais constituintes do solo variam de tamanho entre limites muito amplos, sendo a mais pequena e mais característica a fração argila que, sem lugar a dúvidas, é a que condiciona a maior parte dos processos físico-químicos que ocorrem no solo.

A presente pesquisa visa principalmente ao conhecimento detalhado de solos, com particular interêsse na sua fração coloidal, que ocorrem na bacia do ribeirão Tijuco Prêto, no Município de Rio das Pedras. Foram tomadas quatro unidades de solos, selecionadas principalmente por suas situações dentro da área da bacia. Nas partes mais baixas são encontrados o Litossol - fase folhelho e o Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba e nas partes mais elevadas da bacia, ocorrem duas unidades representadas por solos mais profundos e de boa drenagem, com horizontes óxicos, típicos dos Latossóis.

A área ocupada pelo grande grupo ou pela unidade de mapeamento que corresponde a êstes quatro perfis, no Estado de São Paulo, é de aproximadamente 20%, sendo que a maior porcentagem se deve ao Latossol Roxo.

As principais finalidades pretendidas neste trabalho foram as seguintes:

- a - caracterização morfológica, física e química das unidades;
- b - identificação dos minerais de argila nas frações de 2 a 0,2  $\mu$  e menor do que 0,2  $\mu$ ;
- c - análise quantitativa dos argilo-minerais das duas frações e estabelecer uma sequência de intemperização;
- d - tentativa de classificação dos solos ao nível de família.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PAIVA NETO (38) estudando a fração argila dos solos de São Paulo, faz referência, no sentido de que a caulinita é o mineral mais comum em quase todos os solos do Estado, chegando em certos casos, a ocupar a totalidade da fração argila (solos massapé e salmourão) ou pequenas porcentagens (Terra Roxa Legítima). Por outro lado, verificou que a hidrargilita e ilita ou argila-x, estão presentes frequentemente, e vêz por outra, o quartzo e a montmorilonita. Nos solos do Glacial (formação Tubarão, de acôrdo com MEZZALIRA, 33), a caulinita figura em quantidades elevadas. Para a Terra Roxa Legítima (Latosol Roxo, 8) originada da decomposição do diabásio, a hidrargilita e a caulinita são componentes comuns da fração argila destes solos. A quantidade de caulinita, no complexo argila, oscila entre 9 a 25%.

As considerações feitas pela COMISSÃO DE SOLOS (8), para o perfil 3, correspondente ao Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba, demonstraram que, na fração argila dos sub-horizontes Ap e B<sub>22</sub>, há dominância de quartzo, seguido de minerais de argila tipo 1:1. No horizonte C, além dos minerais citados, houve a ocorrência de gibbsita. Referindo-se ao Litossol - fase Folhelho Argilito (perfil 81) esta mesma Comissão, verificou que existe no horizonte A, dominância de quartzo e em menor proporção minerais de argila do tipo 2:1. Por outro lado, para o Latossol Roxo (perfil 33) horizontes Ap, B<sub>22</sub> e B<sub>23</sub>, foi encontrada predominância de gibbsita e em menores proporções os óxidos de ferro e os minerais de argila 1:1.

MOLTHAN e GRAY (35), em pesquisas realizadas em solos vermelhos de Pradaria, derivados de Folhelhos, verificaram que a montmorilonita predominou na fração argila fina e a ilita, vermiculita e caulinita predominaram na fração argila grossa. Semelhantes resultados foram encontrados por FANNING e GRAY (18), em solos originados do mesmo material, com a diferença de que houve a falta da vermiculita na argila grossa.

DE VILLIERS (15), trabalhando em solos da África (série Clovely, classificada como Typic Haplumbrept, epipedon úmbrico sobre horizonte cámbico, desenvolvida de sedimentos argilosos), encontrou, na fração argila, predominância de caulinita e de vermiculita e pequena quantidade de gibssita e ilita. Na série Kranskop (originada de material semelhante ao anterior e colocada na sub-ordem Udox) além dos sesquióxidos livres, verificou que a caulinita era o mineral dominante, acompanhada de bibbsita e de vermiculita. Por outro lado, para a série Belmoral, derivada de rochas ígneas básicas, apresentando um horizonte óxido bem desenvolvido, encontrou dominância de caulinita e sesquióxidos livres, raramente com quantidades apreciáveis de gibssita.

MELFI et al. (31), estudando a mineralogia da série Chapadão, encontraram em todos os horizontes presença de argilo-minerais do grupo da caulinita e hematita, estando a gibssita em menor quantidade. Esta série foi classificada como latossol Roxo, originada totalmente de diabásio.

GOEDERT (19) na análise mineralógica das unidades Ciríaco e Charrua, classificadas respectivamente, como Reddish Prairie Soil e Litossol (Sistema de 1949) e como Argudol e Hapludent (Sistema 1960) (16) verificou, mediante análise térmica diferencial (ATD), a ocorrência de minerais de argila com predominância de minerais de grade 2:1, e que o teor de minerais 1:1, devia ser baixo, devido à pouca associação dos picos a 600 e 900 °C. A presença de montmorilonita foi confirmada pelo duplo pico endotérmico, à baixa temperatura, pico este bastante aberto, característica que também diagnostica este argilo-mineral. No diagrama de difração de raio-X, observou uma banda a 7 Å, evidenciando haver halloysita e também um pico a mais ou menos 17 Å, indicando a presença de montmorilonita. Para as unidades Durox, Cruz Alta, Passo Fundo e Erixin, achou a predominância absoluta dos minerais do tipo 1:1, demonstrada pelo pico endotérmico a 600°C e exotérmico a 950°C. Por outro lado, afirma o referido autor, que o diagrama de difração de raio-X mostrou que a caulinita era bem estruturada e que o pico a 14 Å não foi confirmado se correspondia

a clorita ou a montmorilonita. Os referidos solos foram classificados como Latossois (Sistema de 1949) e como Udox (Sistema de 1960) (16).

O reconhecimento da clorita ou da montmorilonita pode ser feito, com segurança, aplicando-se tratamentos: térmicos (aquecimento a 350 e 550°C) e expansivos, com líquidos orgânicos (5, 25). Note-se que GOEDERT (19), contrariando a opinião da maioria dos autores, aplicou, como principal método de diagnóstico dos argilo-minerais, em solos a análise térmica diferencial.

MONIZ e JACKSON (36), em pesquisas desenvolvidas em solos originados de rochas básicas (Latosol Roxo), encontraram predominância da caulinita e de gibssita, com aproximadamente 40% de cada um destes minerais. Nos difratogramas (horizontes B<sub>22</sub> e C, dos perfis 23026 e 515) observaram um nítido pico a 7,2 Å e a 4,2 Å da caulinita e da gibssita, respectivamente. A presença de um pico a 14 Å da vermiculita também foi verificada. A sequência de intemperização: Feldspato → mica → caulinita → gibssita e rocha → material amorfo → gibssita, ocorre em todos os solos derivados de rochas básicas.

POST e WHITE (39), em solos desenvolvidos a partir de folhelhos argilosos, classificados como Typic Normudalf; fine, mixed, mesic; encontraram a sequência de intemperização seguinte: mica → vermiculita → caulinita.

DEMATTE (13), trabalhando na série Ibitiruna (perfis P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>, classificada como Tipustalf ocrúltico) achou que a caulinita foi o mineral dominante nas frações grossa e fina, com valores superiores a 40%. O teor de illita, na argila grossa, é sempre maior do que 10% e que a montmorilonita, assim como os minerais do grupo de 14 Å, apresentam teores inferiores a 10%. O quartzo não foi encontrado em nenhuma das frações argila.

DEMATTE e MONIZ (14), no estudo da série Guamium (Latosol Vermelho Escuro-Orto) derivado de argilito-siltito, da formação Tubarão, comprovaram que o mineral dominante foi a caulinita, seguida de mica, material amargo e gibssita. A sequência de intemperização

encontrada por êstes autores foi: rocha — mica → caulinita e material amorfo → gibssita o que concorda com (36) e (37).

KLAMT e BEATTY (29), estudando a série Erixim, formada a partir de intemperização de basalto com adições de material arenoso, acharam que a fração argila é composta principalmente por caulinita mais haloisita, gibssita mais material amorfo, assim como pequenas quantidades de camadas de silicatos do tipo 2:1.

Segundo JACKSON et al. (22), do ponto de vista da sequência de intemperização, a laterização representa o produto final de dessilicatização sob condições de intensa lixiviação e soluções altamente ácidas. Com respeito a êste fato, BATES (3), trabalhando com solos de Hawaii, achou que a dessilicatização é o processo dominante nos solos Tropicais concordando com as conclusões obtidas por JACKSON et al. (22) e MHOR e van BAREM (34).

JACKSON et al. (22) e ROLFE e JEFFRIES (45) observaram que a maior intemperização do solo ocorre nos horizontes superficiais, com diminuição gradual, em intensidade, de acôrdo com a profundidade.

HSEUNG e JACKSON (21), afirmam que a grande lixiviação nos solos latossólicos, favorece a dessilicatização da vermiculita e formação da caulinita, considerando que esta seja a explicação do elevado conteúdo de caulinita e do baixo de vermiculita nestes tipos de solos.

HSEUNG e JACKSON (21), quando fizeram comparações entre o índice Ki (relação molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e a intemperização média (IM), verificaram que esta última é mais indicativa e significativa para a comparação de solos, apresentando valores mais amplos que o índice Ki.

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Material

##### 3.1.1 - Características do meio físico.

O Município de Rio das Pedras acha-se situado na parte centro-leste do Estado de São Paulo, com as seguintes coordenadas geográficas: 22°50' de latitude sul e 47°37' de longitude W. Gr. A altitude da cidade é de 637 m e a área do Município de 221 km<sup>2</sup>.

O clima é do tipo Cwa\*, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno. A precipitação média anual é de 1200 mm.

Segundo MEZZALIRA (33) as formações geológicas correspondentes às áreas de solos concordam com as formações Serra Geral, Estrada Nova e Tubarão. As rochas correspondentes a estas formações, são Basalto; siltito, folhelhos e arenitos, varvitos, respectivamente.

##### 3.1.2 - Solos.

Para o presente trabalho foram coletados quatro perfis de solos que ocorrem na beira do ribeirão Tijuco Preto. A denominação, correspondência e provável classificação destas unidades estão apresentadas no Quadro 1. As unidades selecionadas de solos foram denominadas de acordo com as siglas do nome da bacia hidrográfica acompanhadas com o número do perfil, como se segue: TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> (DEMATTE et al.)\*\*. Estes solos se distribuem na área segundo diferentes altitudes onde os menos intemperizados (TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>) ocupam as partes mais baixas e os mais intemperizados (TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>), as partes mais elevadas. A fig. 1 ilustra a relação entre a altitude e as unidades estudadas.

---

(\*) Sistema de Koppen

(\*\*) DEMATTE et al. Levantamento detalhado de solos da bacia do ribeirão Tijuco Preto - Rio das Pedras.

Quadro 1 - Relação das unidades e sua provável classificação de acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (8) e a 7th APPROXIMATION (46).

Unidades	COMISSÃO DE SOLOS	7th APPROXIMATION
TP <sub>12</sub>	Litossol fase folhelho-argilito	Inceptisol
TP <sub>13</sub>	Podzólico Vermelho-Amarelo, var. Piracicaba	Alfisol
TP <sub>17</sub>	Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa	Inceptisol ou Oxisol
TP <sub>18</sub>	Latossol Roxo	Oxisol

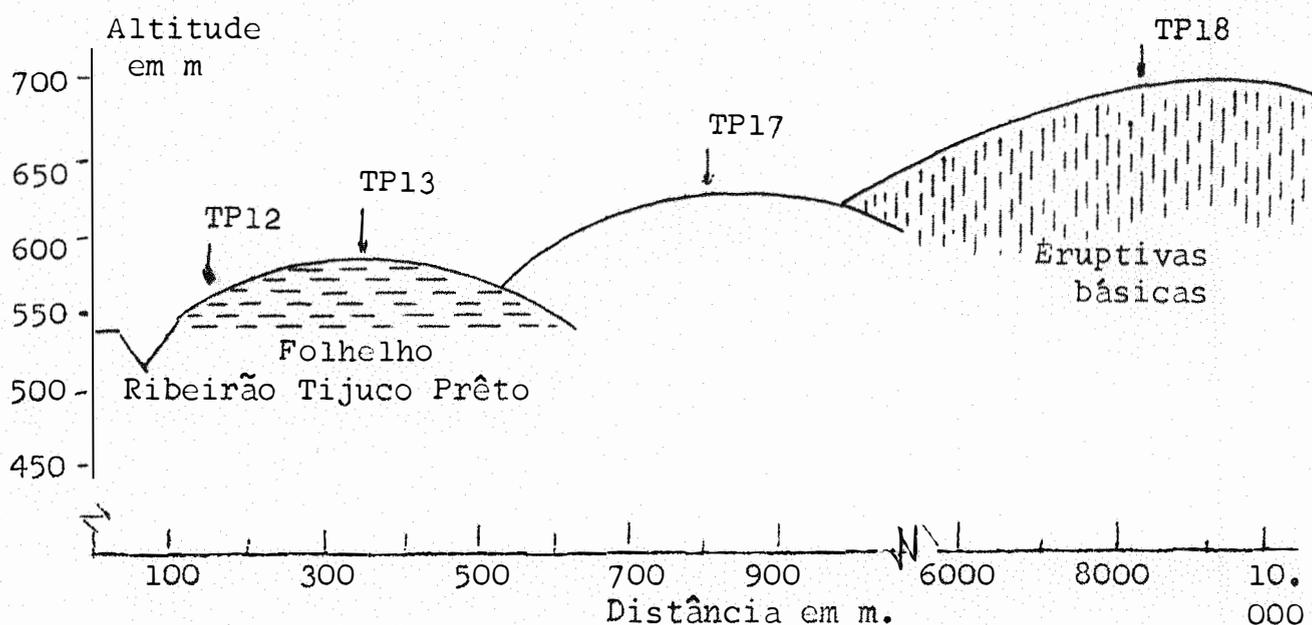


Fig. 1 - Relação das unidades TP12, TP13, TP17 e TP18 de acordo com a situação topográfica.

### 3.1.3 - Aparelhos utilizados.

#### a) Raio-X

Na análise difratométrica utiliza-se um aparelho Noreico, fabricação da PHILIPS ELECTRONIC INSTRUMENTS, New York, U.S.A., com unidade básica geradora de raios da onda completa, 30 Kv, 20 mA? a velocidade de barredura foi de 2 e/min. e a velocidade do papel 4º/polegada; o contador geiger operou com voltagem de 1500 V.

b) Térmico-diferencial.

Para a análise térmico-diferencial foi utilizado um aparelho DELTATHERM CORPORATION, Denver, Colorado , U.S.A., com Unidade básica de registro eletrônico com 4 canais , cada um com 5 posições de sensibilidade: 100% , 50% , 25% , 10% e 5%. Os aparelhos descritos pertencem ao Instituto Agronômico de Campinas.

c) Super centrífuga.

A separação das frações argila foi feita mediante o emprêgo de uma super centrífuga Modelo T-1, fabricação Sharples Co. (Philadelphia, U.S.A.), impelida por turbinas a ar, com uma rotação máxima de 50 000 rpm. - Os raios do cilindro, corrigidos para a espessura de 0,013 cm do revestimento plástico são  $R_1 = 2,20$  cm;  $R_2 = 0,818$  cm.

d) Microscópio eletrônico.

Para as fotografias eletrônicas, usou-se de um aparelho Siemens Elmiskop I, 80 Kv (tensão acelerada), abertura de objetiva 50 microns, pertencente a Seção de Virologia do Instituto Agronômico de Campinas.

### 3.2 - Métodos

#### 3.2.1 - Trabalho de campo.

Para a demarcação dos perfis representativos, efetuou-se, preliminarmente, uma excursão exploratória na área da bacia do ribeirão Tijuco Preto com a finalidade de obter-se uma idéia generalizada dos solos. A seguir, procedeu-se a programação do itinerário a ser percorrido e escolha dos locais para estudo; coleta de amostras e exame das características morfológicas.

Observadas as áreas de ocorrência das unidades, procurou-se dentro destas, escolher os perfis modais ou os mais próximos destes. A seguir foram feitas, em trincheiras, de 2,5 m de profundidade, as descrições morfológicas, obedecendo principalmente as recomen-

dações de RANZANI (42 e 43). A coleta de amostras foi feita seguindo-se as recomendações usuais. Nos perfis TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> foi necessário utilizar o trado para coletar as amostras dos horizontes de profundidade superior a 2,5 m.

No laboratório, as amostras foram secadas ao ar e logo passadas por peneiras de 2 mm de malha, sendo após, conservadas em recipientes especiais.

### 3.2.2 - Análise mecânica do solo.

O método utilizado na dispersão e separação das frações: areia, limo e argila, foi o descrito por JEFFRIES e JACKSON (27), empregando o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2%) como agente dispersante. Utilizou-se 10 g de TFSA, o qual foi colocado dentro de um copo de metal, com água destilada e adicionada uma certa quantidade de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> até pH 9,0 ou próximo deste e agitado com agitador mecânico durante 10 minutos. Após esta operação, a dispersão foi transferida a uma proveta de 1 litro, passando previamente através de um tamiz de 0,05 mm de malha na qual ficou retida a fração areia, passando as frações limo e argila.

O volume da proveta foi completado a 1 litro com água destilada e deixado em repouso por 24 h. Após esse tempo, a suspensão foi sifonada para um balão de 6 litros, novamente adicionada água na proveta, agitada, deixando-se em repouso por mais 24 h, sendo após esse tempo, sifonado novamente. Esta operação foi realizada até que o líquido sobrenadante permanecesse incolor. A fração argila foi separada em argila grossa (2 - 0,2 u) e argila fina (< 0,2 u) com auxílio de uma supercentrífuga Sharples, a 30 000 rpm, a razão de 470 ml/minuto.

A fração areia por sua vez foi separada em 5 frações (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina) e as classes texturais foram obtidas através do diagrama textural de Marshall, Prescott e Taylor (RANZANI, 42).

### 3.2.3 - Análise da fração argila do solo.

- a) Remoção dos sais solúveis , da matéria orgânica e do óxido de ferro livre.

As remoções das substâncias citadas foram feitas seguindo o método descrito por JACKSON (1956), mediante o emprêgo de acetato de sódio , água oxigenada e ditionito-citrato-bicarbonato de sódio , respectivamente.

Utilizou-se 50 gramas de solo , sendo êste colocado dentro de um bohemia de 1000 ml , onde foi tratado com acetato de sódio 1 N (misturado com 27 ml de ácido acético para ajustar o pH a 5,0), aquecido em banho-maria, durante várias horas para a eliminação dos sais solúveis.

Após êste tratamento, procedeu-se a remoção da matéria orgânica, utilizando-se para tal fim , água oxigenada (30%) na proporção de 5 ml para 10 g de material. A amostra foi aquecida em banho-maria por 2 a 4 horas. A operação foi repetida até terminar a reação de oxidação, tendo-se sempre o cuidado de não deixar secar a amostra e de que a temperatura não ultrapasse de 80°C.

Uma vez terminada esta operação, procedeu-se a remoção dos óxidos de ferro livre , efetuada mediante o método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio.

O solo é tratado com uma mistura de citrato (80 ml) e bicarbonato (20 ml), aquecendo-se em banho-maria a 75-80°C por 15 minutos, adicionando-se a seguir aproximadamente 2 g de ditionito de sódio e continuando o aquecimento por 1 hora.

Após êsse tempo, a amostra foi tirada do banho-maria e lavada com NaCl N deixando-a em repouso durante 24 horas. O sobrenadante foi sifonado e o NaCl foi novamente adicionado e a suspensão deixada outra vez em repouso por mais 24 horas. Repetiu-se tãda a operação até que o líquido sobrenadante ficasse incolor.

- b) Dispersão e fracionamento da fração argila.

Depois da destruição da matéria orgânica a eliminação do

Óxido de ferro livre, procedeu-se às operações da separação e fracionamento da fração argila da seguinte maneira: o conteúdo do bohemita foi transferido a um tamiz de 0,05 mm de malha acoplado num funil em cuja parte inferior havia uma proveta de 1 litro. No tamiz fica retida a fração areia, passando as demais frações. Depois de haver passado tãda a suspensão para a proveta, o volume foi completado com água destilada, agitado e deixado em repouso durante 24 horas. Após êste tempo, as operações continuam de acôrdo com o ítem 3.2.2.

c) Preparo e montagem de amostras orientadas.

Alíquotas em duplicatas, das argilas (grossa e fina) foram pipetadas para tubos de centrífuga de 100 ml. A saturação com  $KCl$  e  $MgCl_2$  foi feita de acôrdo com as recomendações de JACKSON (25).

Posteriormente foi tomada, com uma espátula, uma certa quantidade de argila, saturada com  $K^+$  e com  $Mg^{++}$  a qual foi transferida para lâminas de vidro e montadas.

As lâminas saturadas com  $K^+$  foram levadas diretamente ao aparelho de raio-X e irradiadas, no intervalo de  $2^\circ-28^\circ - 2 \theta$ , sendo denominadas "natural". Posteriormente, elas foram aquecidas a  $350^\circ$  e  $550^\circ C$ , recebendo as denominações de "aquecidas" e irradiadas após cada aquecimento, no mesmo intervalo que para as "naturais".

As lâminas saturadas com  $Mg^{++}$  foi adicionado etileno glicol e levadas ao raio-X e irradiadas  $2^\circ-28^\circ - 2 \theta$ . Estas lâminas foram denominadas "glicoladas".

d) Determinação do potássio total.

Utilizou-se o método de ALEXIADES e JACKSON (2). Empregou-se 0,1 g de argila que foi colocada em cadinho de platina. Foram adicionadas algumas gôtas de água, 05 ml de ácido perclórico (60%) e 5-10 ml de ácido fluorhídrico. O cadinho foi levado para banho de areia a  $200^\circ-240^\circ C$ , durante 2-4 horas. Esta operação foi repetida duas vêzes, após o que o cadinho foi esfriado e adicionados 5 ml de  $HCl$  6N, sendo posteriormente levado outra vez ao banho de areia por meia hora, à mesma temperatura. A solução foi transferida para balão de

100 ml e completado o volume. A determinação do potássio foi feita por fotometria de chama, utilizando-se solução padrão de 0,0005 N em  $K^+$ .

e) Determinação da capacidade de troca de cátions.

A determinação da capacidade de troca de cátions, das frações argila grossa e fina, foi efetuada de acordo com o método proposto por ALEXIADES e JACKSON (1). A argila foi saturada primeiramente com  $CaCl_2$  sendo, posteriormente trocado com  $MgCl_2$ . O cálcio foi determinado por fotometria de chama.

f) Reconhecimento dos minerais de argila.

Para o diagnóstico dos diversos grupos de minerais de argila empregou-se o método da difração dos raios-X. O reconhecimento foi feito de acordo com as especificações de BRINDLEY (5) que agrupou os minerais em três categorias, a saber: os de espaçamento de 10 A, os de 7 A e os de 14 A. Estes espaçamentos normalmente correspondem a mais de um mineral, sendo portanto, aconselhável o emprego de técnicas auxiliares tais como tratamentos térmicos e expansão das camadas. Assim é que os minerais do grupo da caulinita são reconhecidos pelo espaçamento a 7,2 A (espaçamento eliminado com aquecimento a  $550^{\circ}C$ ), a gibbsita a 4,85 A (eliminado com aquecimento a  $350^{\circ}C$ ), a mica a 10 A (espaçamento não alterado com os tratamentos térmicos e os de glicolação), a vermiculita a 14 A (reduzido a 10 A após o aquecimento a  $350^{\circ}C$ ).

g) Análise quantitativa dos minerais de argila.

A determinação da quantidade de gibssita e de caulinita, existente nas frações argila, foi feita com o auxílio da análise térmico-diferencial, de acordo como o método proposto por DIXON (17). A porcentagem de gibbsita ou de caulinita foi calculada pela equação 1.

As curvas de calibragem, para aqueles minerais, foram extraídas do trabalho de MONIZ e CARVALHO (37).

$$\% \text{ de caulinita ou gibbsita} = \frac{\% \text{ caulinita na curva} \times 100}{\% \text{ argila}} \quad (1)$$

A análise quantitativa da mica foi baseada no valor porcen

tual de 10% de K<sub>2</sub>O cuja correspondência é de 100% de mica (JACKSON, 25). Por sua vez a quantidade de vermiculita foi obtida pelo método proposto por ALEXANDES e JACKSON (1) e calculada pela equação 2.

$$\% \text{ vermiculita} = \frac{\text{CTC ca/Mg} - \text{CTC K}^+/\text{NH}_4}{154} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Finalmente a porcentagem do material amorfo, presente na fração coloidal, foi determinada pela soma de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 20% de H<sub>2</sub>O após a saturação da porcentagem do óxido de alumínio da gibbsita (ALEXIADES e JACKSON, 2).

#### h) Micrografia eletrônica.

A argila livre de ferro e de matéria orgânica, saturada com ions de potássio, foi colocada em suspensão bem diluída em recipientes de vidro. Tiraram-se algumas gôtas, as quais foram translocadas, com auxílio de uma pipeta de ponta fina, sobre um suporte especial de 100 a 200 mesh de malha, deixadas secar e levadas ao microscópio eletrônico (VISCONTI, 48).

#### 3.2.4 - Análise química do solo.

As determinações de Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> e capacidade de troca de cations foram feitas pelo método do EDTA e fotometria de chama respectivamente, segundo D<sup>a</sup> GLORIA et al. (11 e 12). O carbono foi determinado pelo método de Walkley e Black, modificado por MALAVOLTA e COURY (30). O nitrogênio, potássio trocável e o hidrogênio foram determinados pelo método proposto por CATANI et al. (9). O pH foi determinado, utilizando-se uma relação solo/água e solo/KCl de 1:1. O ferro livre, segundo o método do ditonito de JACKSON (25).

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - Descrição morfológica e análise química.

Os resultados obtidos na descrição morfológica dos 4 perfis coletados, denominados TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, são relatados a seguir:

##### Perfil TP<sub>12</sub>

Ap 0-32 cm; pardo acinzentado escuro (10YR 4/2 - 4/2), amassado (10YR 4/2), marchetado de cinza claro (10YR 7/2); barro arenoso; blocos subangulares, médio, moderado, ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; poros pequenos, poucos; muitas galerias biológicas; presença de carvões esparsos; raízes finas, comuns; pequenos fragmentos de quartzo, 5%; ondulada, clara.

B<sub>2</sub> 32-40 cm; brumo avermelhado escuro (5YR 3/4), pardo escuro (7,5YR 4/2); argilo; blocos angulares, pequeno, forte; cerosidade fraca; duro, firme, plástico e muito pegajoso; poros pequenos e poucos; raízes finas e comuns; fragmentos de rocha; aproximadamente 30% ondulada, gradual.

R 40 + cm.

##### Perfil TP<sub>13</sub>

Ap 0-20 cm; pardo acinzentado escuro (10YR 4/2), pardo (10YR 5/3), marchetado de pardo avermelhado (5YR 5/3); barro argilo arenoso; granular, pequena, moderada; macio, friável, plástico e pegajoso, poros muito pequenos, comuns galerias biológicas; raízes fasciculadas abundantes; suave, abrupta.

B21t 20-45 cm; brumo escuro (10YR 4/3), brumo (10YR 5/3), marchetado de pardo avermelhado (5YR 5/4), comum; argila; blocos angulares, médio, forte; cerosidade revestindo 70% das fases horizontais e verticais dos agregados; duro, firme, plástico e pegajoso; presença de carvões; poros muito pequenos e poucos; raízes muito finas e comuns; abrupta e plana.

B22t 45-85 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6), marchetado de pardo escuro (10YR 4/3) abundante; barro argiloso; blocos angulares, médio, forte; cerosidade, revestindo 50% das fases horizontais e verticais dos agregados; firme, plástico, muito pegajoso; agregados, poucos; poros muito pequenos, poucos; raízes finas, raras, seguindo os planos de clivagem; gradual e plano.

B23t 85-187 cm; vermelho (2,5YR 4/8), marchetado comum; cerosidade nos planos de clivagem, revestindo as fases verticais e horizontais, 20%.

C 187 + cm; siltitos em decomposição; raízes raras.

#### Perfil TP17

Ap 0-20 cm; pardo avermelhado (5YR 5/4); argila; blocos subangulares pequenos, moderado; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; agregados (5YR 4/4), 20-30%; raízes abundantes; fragmentos de quartzo 5%; abrupta e ondulada.

B21 20-55 cm; alaranjado (5YR 4/6); argila; blocos subangulares, pequeno, moderado; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; agregados (5YR 4/4), 30%; raízes abundantes; fragmentos de quartzo 5%; suave e gradual.

- B<sub>22</sub> 55-127 cm; alaranjado (5YR 5/6), argila; blocos subangulares, pequeno, fraco; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; agregados pequenos, 20%; fragmento de quartzo 1%; macroporos poucos; raízes abundantes, suave e difusa.
- B<sub>23</sub> 127-167 cm; alaranjado (5YR 5/6); argila; maciço que se desfaz em blocos subangulares pequeno, fraco; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; macroporos poucos; quartzo 1%; raízes abundantes.
- B<sub>24</sub> 167-302 cm; B<sub>3</sub> - 302 a 392; C - 392 a 475 cm.

Perfil TP<sub>18</sub>

- Ap 0-20 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4), amassado (2,5YR 3/4) argila; esferoidal, pequeno, moderado a fraco; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; raízes abundantes; suave e claro.
- B<sub>21</sub> 20-45 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4); argila; blocos subangulares, médio, moderado, cerosidade recobrando 10% dos agregados, agregados resistentes pequenos, 30-50%; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; quartzo 1%; poros poucos; raízes abundantes; suave e difusa.
- B<sub>22</sub> 45-120 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4); argila; maciça, que se desfaz em granular muito pequena; macio, muito friável, agregados (10R 3/3), 10-20%; poros comuns; raízes abundantes; suave e difusa.
- B<sub>23</sub> 120-157 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4); argila; maciça, porosa, que se desfaz em granular e blocos pequenos, muito fraco; agregados 10 a 20% (10R 3/3); macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros comuns; carvões poucos e grandes; raízes abundantes.

- B31 157-317 cm; vermelho ferrugem (10R 3/3); argila.  
B32 317-435 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4); argila.  
B33 435-480 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4); argila.

As principais características químicas destes solos estão apresentadas nos Quadros 2 e 3.

De acôrdo com a descrição morfológica (pg 14) observa-se que o perfil TP<sub>12</sub> apresenta características que definem um horizonte diagnóstico de subsuperfície denominado câmbico (7th APPROXIMATION, 46) na profundidade de 32 cm. Esta camada está alterada, sem estrutura definida da rocha, e a côr é mais vermelha que a do horizonte superior. Devido à existência de uma iluviação de pequena intensidade no B, verificada através da descrição morfológica, poder-se-ia pensar na ocorrência de um provável horizonte diagnóstico argílico ao invés de um câmbico. Considerando porém, que a espessura média do B é de 8 cm, qualquer possibilidade da ocorrência de um argílico será eliminada, devido a esta espessura (46).

Os dados químicos do TP<sub>12</sub> (Quadro 2), mostram a dominância do cátion H<sup>+</sup> no complexo, que é uma das características principais para diagnosticar um epipedon úmbrico. Devido, porém, à saturação em bases (maior do que 50%) e a côr (valor 4), este epipedon deve ser classificado como ócrico e não como úmbrico. Pela presença dos dois horizontes diagnósticos, ócrico e câmbico, de superfície e de subsuperfície respectivamente, esta unidade pode ser enquadrada na ordem Inceptisol. QUEIROZ NETO (40) trabalhando com os perfis RC-61 e RC-54, solos estes que apresentam, nas profundidades de 40 e 30 cm respectivamente, características inconfundíveis de um horizonte câmbico, classificou-os na ordem Entisol, resultado este que não concorda com os aqui encontrados.

Um horizonte diagnóstico de suberfície denominado argílico foi definido na profundidade de 20-85 cm para o perfil TP<sub>13</sub> de acôrdo com a descrição morfológica apresentada na pg 15. Este horizonte foi definido inicialmente pela constatação de "clay skin" (ou cerosidade) que é abundante, recobrando as faces horizontais e ver-

Quadro 2 - Resultados da análise química das unidades - TP 12 e TP 13.

Horizontes	pH		C	N	C/N	Fe2O3	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	CTC	V
	H <sub>2</sub> O	KCl										
<u>Perfil TP 12</u>												
AP	5,1	4,0	0,46	0,13	4	3,37	1,68	0,69	1,60	4,00	6,60	62,3
B2	5,4	4,0	0,42	0,13	3	6,37	4,37	1,79	1,40	6,00	14,00	70,0
R	5,3	3,6	0,30	0,07	4	3,85	2,80	1,87	8,9	16,00	28,00	61,4
<u>Perfil TP 13</u>												
AP	5,6	4,1	0,78	0,14	6	8,50	5,04	1,52	0,48	3,80	24,00	86,3
B21	5,1	4,1	0,58	0,12	5	7,20	5,28	1,04	1,34	4,96	13,52	73,0
B22	5,2	4,1	0,30	0,09	3	7,68	3,20	1,92	1,76	4,54	11,60	71,9
B3	5,1	3,8	0,06	0,07		8,36	1,60	1,39	1,04	6,56	11,52	63,5
C	5,1	3,9	0,06	0,07		9,25	2,00	1,60	0,13	4,96	6,48	57,0
R	5,1	3,6	0,30	0,07		8,20	1,92	2,08	0,17	9,44	17,92	65,3

Quadro 3 - Resultados da análise química das unidades TP 17 e TP 18

Horizontes	pH		C	N	C/N	Fe203	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	CTC	V
	H <sub>2</sub> O	KCl											
	Perfil TP 17												
Ap	4,6	3,9	1,14	0,13	9	14,20	1,28	1,36	0,05	2,74	7,44	10,70	57,1
B21	5,1	4,1	0,84	0,13	7	14,10	1,07	0,14	0,04	1,84	6,06	9,80	61,6
B22	5,4	4,3	0,51	0,11	5	14,20	0,70	0,10	0,03	1,34	5,49	8,24	61,2
B23	5,3	4,3	0,33	0,09	4	14,70	0,51	0,10	0,03	1,31	4,50	6,40	58,7
B24	5,0	4,5	0,07	0,07		14,30	0,51	0,10	0,03	0,42	3,70	6,00	61,9
B3	5,5	4,5	0,24	0,07		14,20	0,43	0,13	0,03	0,69	3,70	5,28	53,0
C	5,5	4,4	0,02	0,07		15,20	0,37	0,13	0,04	0,64	3,89	5,00	56,2
	Perfil TP 18												
Ap	5,6	4,9	1,22	0,17	7	26,80	4,03	1,26	0,11	0,18	5,10	11,44	65,5
B21	5,8	5,0	1,22	0,12	10	25,66	2,03	0,74	0,09	0,13	3,33	7,60	69,7
B22	6,1	5,7	0,32	0,08	4	26,75	1,69	0,26	0,03	0,14	2,60	5,60	68,3
B23	6,3	5,9	0,30	0,07	4	26,75	2,05	0,43	0,02	0,16	2,83	5,60	66,7
B31	6,6	6,3	0,09	0,08		25,60	0,96	0,80	0,02	0,11	1,40	4,48	76,3
B32	6,6	6,4	0,06	0,06		25,00	1,20	0,48	0,02	0,16	1,06	4,16	67,7
B33	6,6	6,5	0,06	0,05		26,60	0,64	1,04	0,02	0,16	1,12	3,72	77,1

tais dos agregados.

De acordo com os dados químicos do perfil TP<sub>13</sub> (Quadro 2) a dominância do cátion Ca<sup>++</sup> e a saturação em bases (maior que 50%) indicam a provável ocorrência de um epipedon mólico. Mas o "value" e a espessura não permitem a definição do referido epipedon, sendo portanto classificado como epipedon ócrico. Através deste mesmo quadro, pode-se observar perfeitamente que a saturação em bases do horizonte argílico é também maior do que 50%.

As considerações feitas, para este perfil, admitem a possibilidade de enquadrá-lo na ordem Alfisol. QUEIROZ NETO (40), no estudo do perfil RC-57, originado de siltito, pertencente à formação Estrada Nova, ao qual denominou solos com B textural, afirmando portanto a existência de um horizonte argílico, classificou-o na ordem Inceptisol. Verifica-se, na definição desta ordem (46), que ela não admite um horizonte argílico bem desenvolvido, discordando portanto completamente da classificação obtida pelo autor citado.

Através da descrição morfológica do perfil TP<sub>17</sub> (pg 15 e 16), nota-se que os dados morfológicos não são suficientes para caracterizar seguramente um horizonte diagnóstico de subsuperfície. Observa-se que não há evidência aparente de eluviação, eliminando-se portanto a possibilidade de ocorrência de um argílico. No entanto, as características gerais se aproximam mais de um horizonte óxico. De acordo com as características químicas, pode-se verificar, pelo Quadro 3, que o cátion hidrogênio é dominante na superfície do solo, sugerindo a ocorrência de um epipedon úmbrico. De acordo com a saturação em bases (maior do que 50%) e com a c<sub>or</sub> (valor 5) não será possível classificá-lo como tal horizonte. As alternativas da classificação permitem entretanto a definição de um horizonte diagnóstico de superfície denominado ócrico. Considerando-se as características até agora observadas, este solo poderá ser enquadrado na ordem Oxisol.

A unidade TP<sub>18</sub> apresenta características morfológicas, a partir dos 45 cm, semelhantes a um horizonte diagnóstico de subsu -

perfície denominado óxico (pg 16). Assim é que a estrutura, consistência, porosidade, ausência de fragmentos de rocha em toda a extensão do perfil e a proximidade dos valores do pH em H<sub>2</sub>O e KCl, provam a ocorrência do horizonte citado. A pequena eluviação que se observa, entre as profundidades de 20-45 cm poderia sugerir a ocorrência de um argílico. Porém, a quantidade de cerosidade é pequena, necessitando de dados mais concretos para verificar a possível existência do referido horizonte.

Considerando os dados químicos (Quadro 3) observa-se a dominância, como na unidade anterior, do cátion hidrogênio, possibilitando portanto a identificação de um óxico. De acordo com as considerações feitas em torno do perfil TP<sub>18</sub>, este poderá ser enquadrado na ordem Oxisol.

#### 4.2 - Descrição morfológica e análise mecânica

Os dados analíticos referente à análise mecânica dos solos estudados estão representados nos Quadros 4 e 5.

Considerando os dados granulométricos apresentados pelo perfil TP<sub>12</sub> (Quadro 4), pode-se notar que a diferença na quantidade de argila entre os horizontes A e B é muito grande (41,6%). Esta diferença pode sugerir um indício de eluviação, que pode ser notada também, em primeiro lugar, pela presença de cerosidade no horizonte B (pg 9) e em segundo lugar, pelo valor elevado da argila fina do horizonte iluvial. Nestas condições: ocorrência de cerosidade, diferença textural e teor de argila fina, podem sugerir para este perfil, na posição do B<sub>2</sub>, um horizonte argílico. Verifica-se porém que devido à sua pequena espessura, menor do que 15 cm, este horizonte não pode ser classificado como argílico e sim como câmbico (46). Na classe de separado areia, neste perfil, é a areia muito fina a dominante, com mais de 60% tanto para o horizonte A como para o B, e o teor de silte normalmente é elevado, concordando com os resultados obtidos pela COMISSÃO DE SOLOS (8).

De acordo com os dados da análise granulométrica, apresen

tado pelo perfil TP<sub>13</sub> (Quadro 4), pode-se verificar que o teor de argila do horizonte B<sub>21</sub> é de 28,5%, superior portanto a 15% e inferior a 40%. O produto do teor de argila total do horizonte Ap por 1.2 é inferior ao teor apresentado pelo horizonte B<sub>21</sub>, enquadrando-se portanto dentro das especificações da 7th APPROXIMATION (46) na definição de uma das características do horizonte argílico. Outra característica, bem evidente para a definição deste horizonte, é a ocorrência de argila translocada que foi verificada apenas pela existência da cerosidade (pg 15) até a profundidade de 187 cm. Um resultado que caracteriza definitivamente e seguramente a ocorrência de um argílico, neste solo, é a relação entre os valores do teor de argila fina entre os horizontes B e o C (46). Pelo Quadro 4, observa-se que a quantidade de argila fina, dos horizontes B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub> e B<sub>23</sub> é sempre superior ao valor apresentado pelo C provando portanto, a existência do horizonte iluvial neste perfil.

Os dados apresentados pelo TP<sub>13</sub> concordam com as especificações para a definição do horizonte B textural apresentadas pela COMISSÃO DE SOLOS (8). Convém salientar que, de uma maneira geral, as características para a definição do B textural são as mesmas exigidas para o horizonte argílico (46). Nestas condições, o TP<sub>13</sub> poderia ser enquadrado dentro da unidade de mapeamento Podzólico Vermelho Amarelo - variação Piracicaba. Como o teor de argila, tanto dos horizontes A como do B são menores do que o exigido pelo conceito modal, pode-se perfeitamente considerar o TP<sub>13</sub> como uma variação do PVA - variação Piracicaba. A série Godinhos (Rhodic Typochrult) estudada por RANZANI et al. (41) compreende solos que mais se assemelham com o TP<sub>13</sub>, diferindo na relação textural e na classe de separado dominante.

As características morfológicas (pg 15 e 16), químicas e mecânicas (Quadro 5) apresentadas pelo TP<sub>17</sub> demonstram a presença de um horizonte diagnóstico de subsuperfície, denominado óxico (46). Assim é que a variação gradual e constante do teor de argila de acordo com a profundidade do solo, como também a variação da estrutura, textura e consistência são características deste horizonte. Observa



Quadro 5 - Distribuição dos separa<sup>3</sup>os e classes texturais dos perfis TP 17 e TP 18

Horizonte	diâmetro das classes em mm						diâmetro em u		classe textural
	areia muito grossa	areia média	areia fina	areia muito fina	Limo	Argila	Argila grossa 2-0,2 micr.	Argila fina 0,2 micr.	
	Perfil TP 17								
Ap	0,30	1,70	4,70	3,80	17,6	71,40	25,10	46,30	r
B21	0,20	1,60	4,60	3,50	16,5	73,20	23,90	49,50	r
B22	-	1,20	4,05	3,80	18,75	72,00	23,30	48,70	r
B23	-	1,35	4,00	3,80	18,80	71,75	26,60	26,00	r
B24	-	1,20	3,50	3,50	24,00	67,50	29,50	38,00	r
B3	0,02	0,80	3,83	6,20	30,00	59,00	25,50	32,50	r
C	0,05	0,60	3,80	6,00	32,80	56,60	25,00	31,60	r
	Perfil TP 18								
Ap	0,10	3,00	7,30	5,00	28,00	56,10	38,00	18,10	r
B21	0,10	2,00	4,80	3,20	24,80	64,80	41,50	23,30	r
B22	0,05	1,55	5,00	4,30	22,90	66,00	42,25	23,75	r
B23	0,05	2,00	6,35	5,00	26,20	60,10	38,52	21,58	r
B31	0,05	1,20	4,15	3,80	22,70	67,90	43,20	24,70	r
B32	-	1,60	5,30	5,65	27,75	59,60	39,40	20,20	r
B33	-	1,30	4,60	6,00	33,00	54,90	35,55	19,35	r

se que a classe textural é argila para todos os horizontes e que o teor da fração argila fina é sempre maior do que o da argila grossa, diminuindo porém em profundidade. O teor de limo apresenta uma distribuição diferente daquela apresentada pela fração argila fina, permanecendo praticamente constante até o B<sub>23</sub> para depois aumentar gradativamente. Este perfil apresenta uma variação interinteressante da classe dominante do separado areia. Assim é que a classe dominante ou a moda até o B<sub>24</sub> está representado pela fração areia fina, e, a partir d'êste horizonte, passa para a fração muito fina. A classe dominante para o TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub> foi a areia muito fina.

As características do TP<sub>17</sub> concordam, de uma maneira geral com a definição da série Guamium (RANZANI et al., 41) classificada como Orthic Haplacrox. Esta série difere no que diz respeito aos teores de areia e argila, sendo menores do que os apresentados pelo perfil aqui estudado. Entre as unidades apresentadas pela COMISSÃO DE SOLOS (8), a que mais se aproxima do TP<sub>17</sub> é o Latossol Vermelho Escuro - Orto, discordando, em parte, no que diz respeito à côr dos horizontes. Normalmente o matiz, o valor e o croma apresentados pelo LVE - Orto são mais acentuados do que os do TP<sub>17</sub>. No Rio Grande do Sul, os Latossóis que mais se assemelham com a unidade aqui estudada, são os solos denominados Durox, Erixin, Santo Ângelo, Cruz Alta e Herbal Grande (16).

O perfil TP<sub>18</sub> apresenta, como a unidade anterior, características inconfundíveis de um horizonte óxico. Devido à falta de recursos, não foi possível caracterizar, com segurança, a presença ou ausência de cerosidade no B<sub>21</sub>, evidenciada apenas pelo exame morfológico (pg 16). Uma caracterização definitiva e segura, desta argila translocada, seria feita pelo estudo de lâminas delgadas do horizonte, em amostras orientadas e examinadas com microscópio polarisante. Na falta, portanto, de maiores recursos, a cerosidade constatada grosseiramente pelo exame morfológico na profundidade de 20-45 cm não será considerada como tal. A classe textural d'êste solo é argila, sendo os teores um pouco mais inferiores do que o TP<sub>17</sub>.



terestratificados. Examinando-se melhor o difratograma da amostra glicol da, observa-se um deslocamento de 14,0 A para 17,0 A, espaçamentos estes que são contraídos para 8,0 e 10,0 A com os aquecimentos a 350°C e 550°C. Segundo JACKSON (25) esse caso pode tratar-se de um mineral interestratificado montmorilonita-vermiculita-ilita.

Através da análise mineralógica quantitativa (Quadro 6) observa-se que a soma total para os horizontes Ap, B<sub>2</sub> e R (argila grossa) está entre 72,6 e 79,3% , valores baixos em relação aos demais solos. Este resultado pode ser explicado através de dois fatos evidente; o primeiro diz respeito aos minerais interestratificados que foram diagnosticados (Figuras 2 e 3) mas não analisados quantitativamente devido à falta de métodos específicos para tal fim. A figura 2 (horizonte R) mostra quase que exclusivamente minerais interestratificados e um pico de pequena intensidade a 10,0 A, característico da mica. O segundo fato é em relação ao mineral de quartzo , o qual foi diagnosticado pelos espaçamentos de 4,2 e 3,3 A. Pode-se observar que a intensidade dos dois espaçamentos diminuem em profundidade.

Os resultados obtidos para o TP<sub>12</sub> discordam, até certo ponto , com os da COMISSÃO DE SOLOS (8) que obteve, para o solo nº 8, dominância de quartzo e em menor porporção minerais de argila do tipo 2:1. Este fato se deve, possivelmente a erros de preparação das frações do solo.

Os demais resultados obtidos por QUEIROZ NETO (40) em solos da Serra de Santana (Litosol RC-54), por DE VILLIERS (15) na série clovclly e por MONIZ e CARVALHO (37) na região da Celusa concordam, de uma maneira geral, com os obtidos para o TP<sub>12</sub>.

A presença da mica e da caulinita no TP<sub>12</sub> é confirmada também pela micro grafia eletrônica (figura 13a).

O perfil TP<sub>13</sub> (quadro 6) apresenta a mesma composição que o TP<sub>12</sub>, variando porém, a quantidade dos minerais , especialmente a da caulinita que é o mineral dominante em ambas as frações. Seus valores oscilam entre 29,0 e 53,0% na fração grossa e 22,5 a 55,0%

na fração mais fina. Os difratogramas apresentados pela figura 4 mostram como os picos de 7,2 Å diminuem de intensidade de acordo com a profundidade do solo. A caulinita pode ser melhor observada pelo termograma (Figura 6) com um pico na região dos 550°C. A mica (quadro 6) apresenta os valores mais baixos nos horizontes superficiais (Ap e B<sub>21t</sub>) aumentando gradativamente em profundidade, alcançando valores máximos na rocha (24,8% para a fração mais grossa e 17% para a mais fina). A figura 4 ilustra perfeitamente este fato pois há uma tendência de aumento do pico a 10,0 Å de acordo com a profundidade do solo. Este mineral pode ser observado através da figura 13 b). Os teores de vermiculita estão em torno de 11% na argila grossa e 10% na argila fina. Seus valores praticamente permanecem constantes a partir do Ap para a rocha, havendo uma variação muito pequena. Nota-se que os valores obtidos para a fração argila fina são sensivelmente mais baixos do que os apresentados pela fração argila grossa.

De acordo com a quantidade de material amorfo (Quadro 6), nota-se que ela é elevada. A variação é de 9,6 a 19,4 e 17,7 a 25%, argila grossa e fina respectivamente, contudo colocando-se após os valores de caulinita.

A presença de minerais interestratificados também neste perfil pode ser observada pelos difratogramas apresentados pelas figuras 4 e 5. A figura 5 ilustra perfeitamente o seu diagnóstico. O difratograma a 25°C mostra picos entre as distâncias de 10,0 a 14,0 Å que se expandem para 17,0-18,0 Å (amostra glicolada) e se contraem para 9,0-10,0 Å com um aumento de intensidade dos picos (amostra aquecida a 350°C).

Resultados semelhantes encontrou DEMATTE (13), para os perfis P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub> da série Ibitiruna, da mesma forma QUEIROZ NETO (40) nos PVA - variação Piracicaba (perfil RC-60), onde encontrou dominância de caulinita e presença de mica. Por outro lado HSEUNG e JACKSON (21) também encontraram minerais de illita, caulinita e vermiculita em solos podzolizolicos da China, assim outros autores como RICH e OBENSHAIN (44), MONIZ e CARVALHO (37) na região de Celusa

Quadro 6 - Porcentagem dos minerais nas frações argila grossa e fina do TP 12 e TP 13

Horizontes	ARGILA GROSSA (2 - 0,2 u)				ARGILA FINA (< 0,2 u)				Total	Mi	Total	Mi	Total
	C	G	A	V	C	G	A	V					
	<u>Perfil TP 12</u>												
Ap	34,0	-	13,0	16,4	9,2	72,6	48,5	-	20,4	14,0	13,8	96,7	
B2	37,5	-	11,0	19,5	11,3	79,3	51,0	-	23,1	12,1	14,1	100,3	
R	25,0	-	21,1	11,7	19,1	76,8	30,0	-	25,6	10,7	14,2	80,5	
	<u>Perfil TP 13</u>												
Ap	34,5	-	9,6	10,7	9,2	64,0	53,0	-	19,0	8,0	8,7	88,7	
B21t	52,5	-	14,1	10,5	8,5	85,6	47,0	-	19,8	10,0	9,4	86,7	
B22t	52,0	-	12,1	12,6	11,0	87,7	55,0	-	17,7	10,0	11,5	94,2	
B23t	53,0	-	11,1	11,6	10,1	85,8	45,5	-	19,8	9,8	12,6	87,7	
C	53,0	-	16,4	10,1	11,0	99,5	43,0	-	23,2	11,2	15,2	93,6	
R	29,0	-	19,4	11,6	24,8	84,8	22,5	-	25,0	10,4	17,0	74,9	

(+) C = caulinita; G = gibbsita; A = M. amorfo; V = varmiculita e Mi = Mica.

Quadro 7 - Percentagem dos minerais nas frações argila grossa e fina do TP 17

Horizontes	ARGILA GROSSA <sup>+</sup> (2 - 0,2 u)				ARGILA FINA <sup>+</sup> (< 0,2 u)				Total	Mi	V	A	G	C	Total	Mi	V	A	G	C	Total			
	C	G	A	V	Mi	Total	C	G														A	V	Mi
<u>Perfil TP 17</u>																								
Ap	73,0	4,0	15,4	0,1	2,5	96,0	76,5	2,0	20,0	0,6	3,9	103,0												
B21	78,0	3,6	10,5	0,7	2,3	95,1	71,5	1,5	25,0	0,3	5,3	103,6												
B22	67,5	3,5	14,7	0,7	4,1	90,5	70,0	2,5	27,2	0,2	2,5	102,4												
B23	75,0	4,0	12,7	0,6	3,0	95,3	65,5	2,5	22,7	0,4	2,3	93,4												
B24	74,5	3,6	22,0	0,6	2,5	103,2	71,0	2,0	27,0	0,8	2,3	103,1												
B3	76,5	2,6	12,3	0,1	2,8	94,3	74,0	3,0	24,3	0,5	1,8	103,6												
C	75,5	4,4	10,0	0,1	3,4	93,4	69,0	5,0	15,0	0,3	10,8	100,1												
<u>Perfil TP 18</u>																								
Ap	79,0	11,0	12,5	0,5	0,7	103,7	79,0	9,0	13,6	0,7	1,4	103,5												
B21	70,5	15,0	16,6	0,4	0,9	103,4	75,0	10,0	16,0	0,2	1,4	102,6												
B22	63,5	5,3	26,0	0,9	0,7	96,4	66,7	5,5	21,0	1,8	0,7	95,7												
B23	70,5	6,0	21,5	0,8	1,4	100,2	72,0	6,5	22,5	0,1	0,7	101,8												
B31	70,0	8,5	20,1	1,0	0,7	100,3	71,5	9,0	21,5	0,2	0,7	102,9												
B32	70,0	7,5	23,4	0,5	0,9	102,3	71,5	9,0	18,0	0,1	0,7	93,3												
C1	65,5	11,0	19,7	0,4	0,9	97,5	70,5	8,5	20,0	0,3	0,5	99,8												

(+) C = caulinita; G = gibbsita; A - M. amorfo; V = vermiculita e Mi = Mica

e MOLTHAN e GRAY (35) em solos vermelhos de pradaria, derivados de rochas sedimentares fazem referência à ilita, à vermiculita e à caulinita. Os resultados encontrados pela COMISSÃO DE SOLOS (8) para o PVA - variação Piracicaba (perfil nº 3) não concordam com os aqui obtidos, pois, citam o quartzo como mineral dominante em todos os horizontes.

A análise mineralógica da unidade TP<sub>17</sub> (quadro 7) apresenta a caulinita (possivelmente com a halbysita, figura 13c) como o mineral dominante para ambas as frações argila, variando de 67,5 a 78,0 e 65,5 a 76,5% para as frações grossa e fina respectivamente. O material amorfo vem logo a seguir em quantidade, com variações de 10,0 a 22,0% para a fração grossa e de 16,0 a 27,2% para a fração fina; havendo portanto um ligeiro aumento na fração mais fina.

O teor de mica é relativamente baixo quando comparado com os perfis TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>. Seus valores, para fração argila grossa, oscilam entre 2,3 e 4,1% e para a fração argila fina, entre 1,8 e 10,8%. Por sua vez os valores encontrados para a vermiculita, em ambas as frações, estão abaixo de 1%, valores estes baixíssimos.

Observa-se neste perfil (Quadro 7), a presença de gibbsita com valores que variam de 1,5% no B<sub>21</sub> a 5,0% no C (argila fina), com valores mais elevados na fração grossa (2,6 no B<sub>3</sub> e 4,4% no C) porém com valores normalmente abaixo de 5%. A curva endotérmica do termograma, apresentado na figura 11, indica claramente a ocorrência deste mineral a 330-350°C.

Os difratogramas apresentados pela figura 7 ilustram os principais espaçamentos basais de caulinita, vermiculita e gibbsita. A figura 8 mostra os diferentes tratamentos, conduzidos no horizonte B<sub>3</sub> (argila grossa) evidenciando a translocação do pico de 14,0 Å para 10,0 Å (difratogramas a 25°C e 350°C). A presença do pico na região dos 14,0 Å que permaneceu, em parte, após os aquecimentos a 350 e 550°C pode indicar a presença de clorita neste perfil (figura 7), resultado este também encontrado por MONIZ e JACKSON (36), no perfil nº 33.025. Determinações quantitativas deste mineral não foram feitas devido as dificuldades apresentadas pelo método proposto

por ALEXIADES e JACKSON (2) quando caulinita e gibbsita estão presentes.

Os dados apresentados no quadro 7, correspondentes à análise mineralógica do perfil TP<sub>18</sub>, indicam uma grande semelhança com o TP<sub>17</sub>, diferindo no teor de gibbsita, que é mais elevado neste perfil. A caulinita ainda é o mineral mais abundante, nas duas frações, com valores sempre superiores a 65,5% e inferiores a 79%. Os teores de gibbsita são elevados quando comparados com o TP<sub>17</sub>, não ultrapassando porém os 15%. A vermiculita e a mica permanecem praticamente constante de acordo com a profundidade do solo, mas os seus teores estão em torno de 0,8 e 1,0% respectivamente.

A gibbsita pode ser reconhecida facilmente pelo pico entre 330-350°C do termograma apresentado pela figura 11 e através da micrografia eletrônica na figura 13d. Através da 1ª figura nota-se perfeitamente a diferença de área da caulinita e da gibbsita entre o B<sub>22</sub> (TP<sub>18</sub>) e o B<sub>3</sub> (TP<sub>17</sub>); evidenciando a diferença, em quantidades, destes minerais.

Os difratogramas (figura 9) apresentam uma sequência vertical dos horizontes do TP<sub>18</sub>, observando-se os principais espaçamentos basais. Um reconhecimento preciso da caulinita e da gibbsita pode ser verificado pela figura 10. Nota-se o desaparecimento do pico a 4,8 Å, com o tratamento a 350°C (típico da gibbsita) e o de 7,2 e 3,5 Å com o tratamento a 550°C (típico da caulinita).

Diversos autores encontraram resultados semelhantes, com os obtidos para o TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, trabalhando com latossóis derivados de rochas básicas e sedimentos, tais como: MELFI *et al.* (31); MONIZ e JACKSON (36); GOEDERT (19); BATES (3); DE VILLIERS (15); MELFI (31); QUEIROZ NETO (40); HSEUNG e JACKSON (21); DEMATTE e MONIZ (14); MONIZ e CARVALHO (37) e KLANT e BEATTY (29).

A COMISSÃO DE SOLOS (8), no perfil 33, cita a gibbsita como o mineral dominante e os óxidos de ferro em menores proporções nos horizontes Ap, A<sub>3</sub>, B<sub>22</sub> e B<sub>23</sub>. Minerais de argila do tipo 1:1 ocorrem somente em proporções inferiores aos óxidos de ferro, nos horizontes B<sub>22</sub> e B<sub>23</sub>.

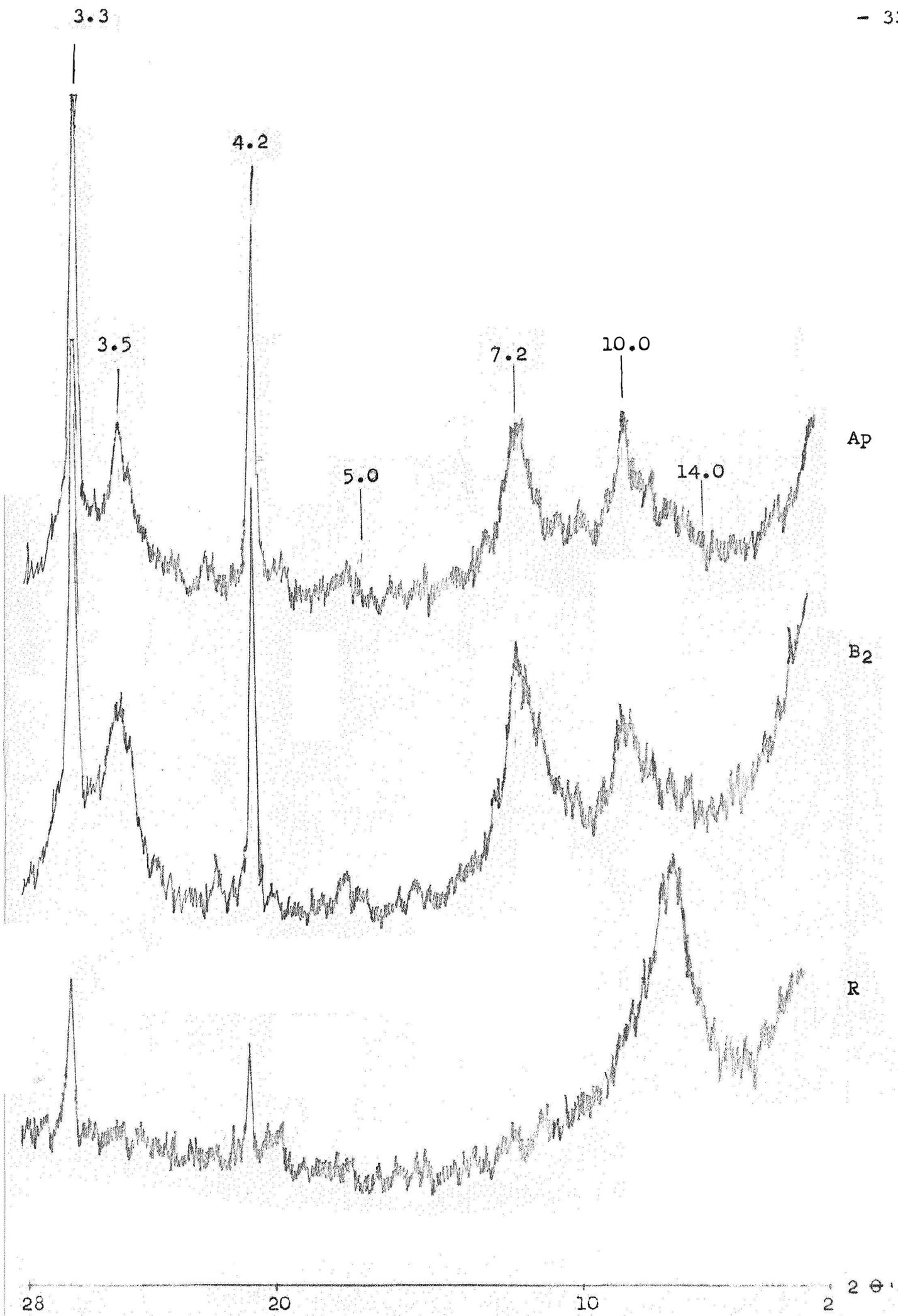


Fig. 2 - Difratograma da fração argila grossa do perfil TP<sub>12</sub> (horizontes Ap, B<sub>2</sub> e a rocha)

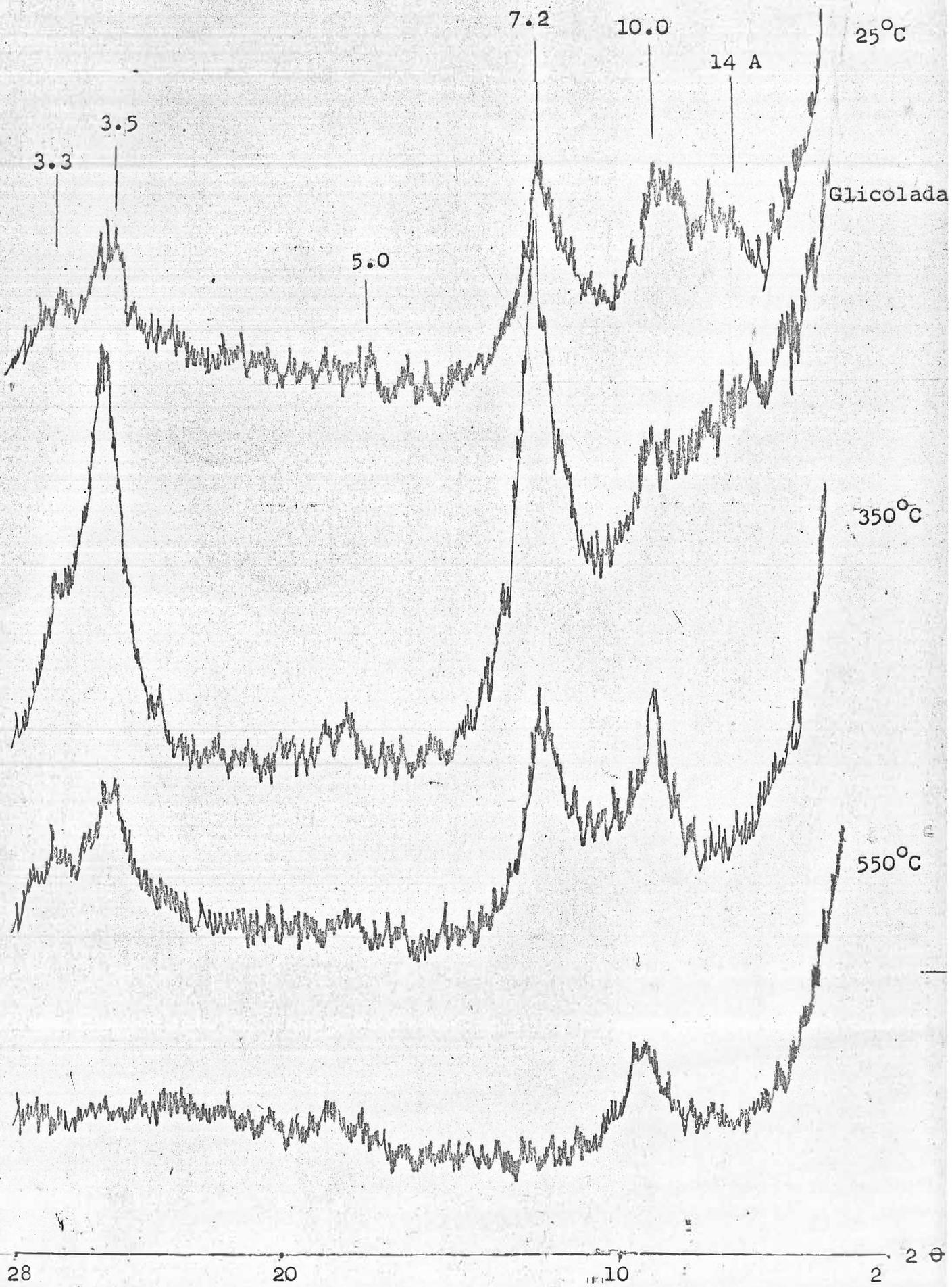


Fig. 3 - Difratogramas da fração argila fina do perfil TP12 (amostras

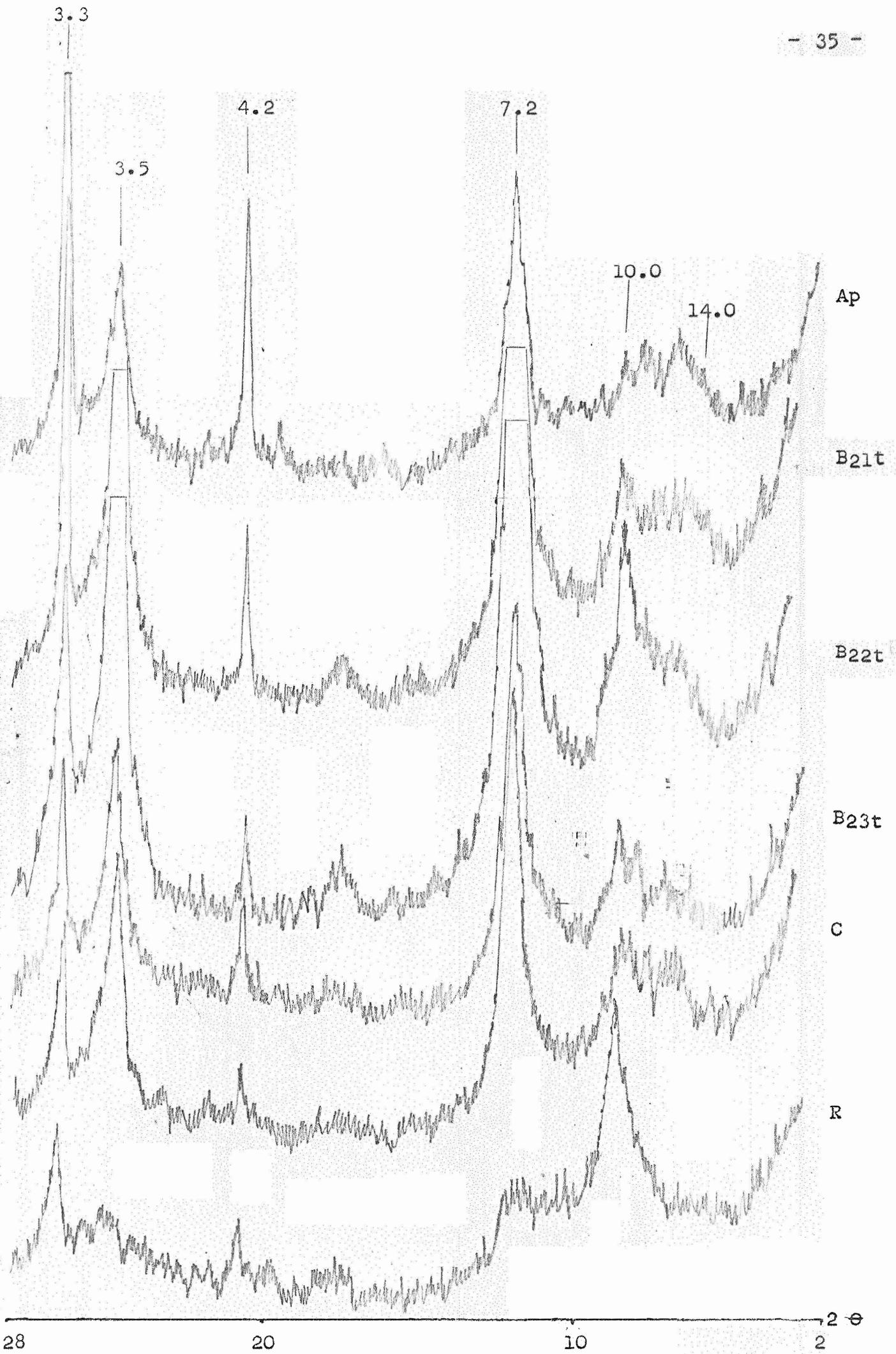


Fig. 4 - Difractogramas da fração argila ~~grossa~~ do perfil TP<sub>13</sub> (horizontes Ap, B<sub>21t</sub>, B<sub>22t</sub>, C e a rocha).

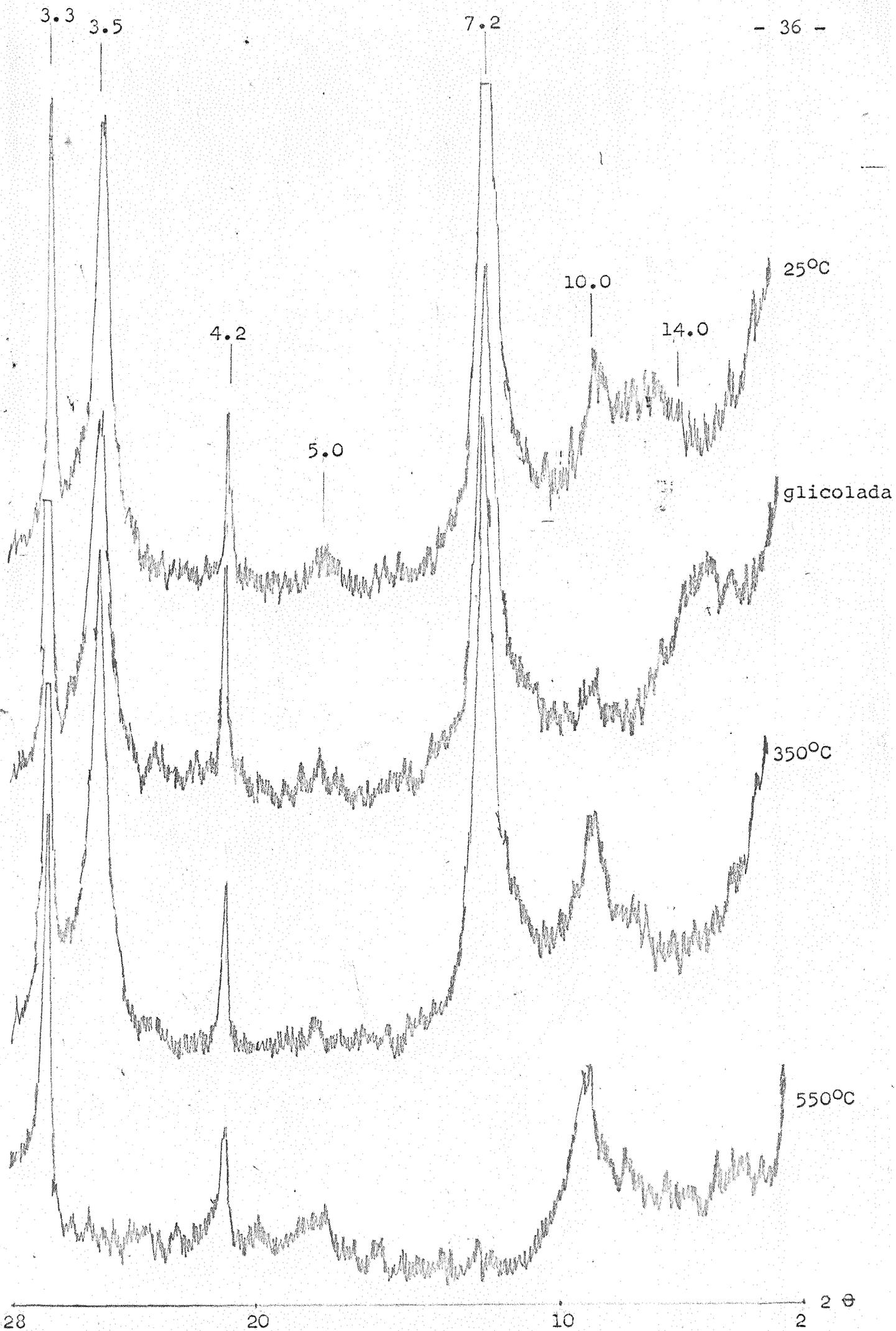


Fig. 5 - Difractogramas da fração argila grossa do perfil TP13  
(amostras com tratamentos correspondentes ao horizonte B<sub>21</sub>t.)

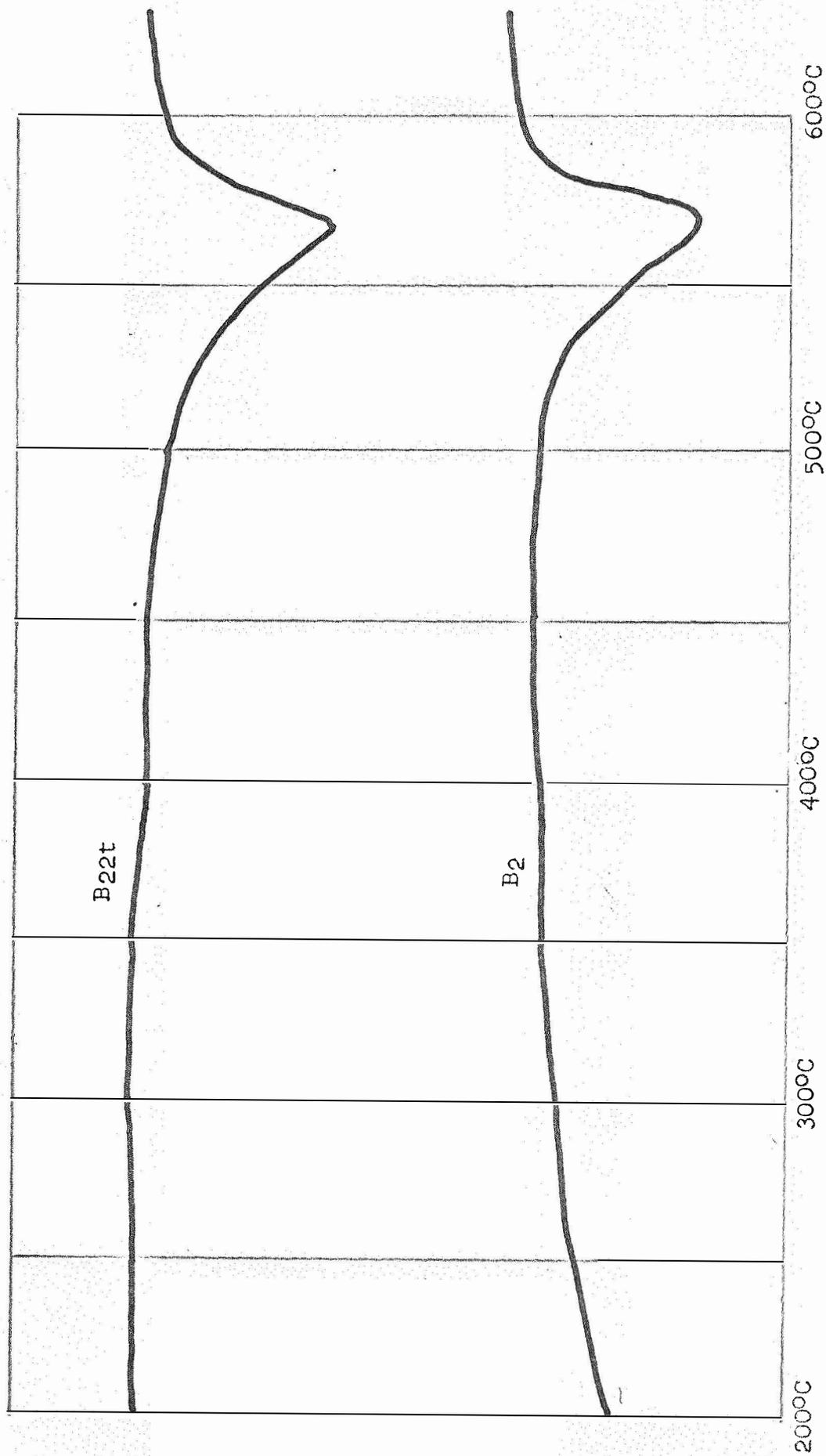


Fig. 6 - Termogramas dos perfis TP13 (horizonte B22t, argila grossa) e TP12 (horizonte B2, argila fina).

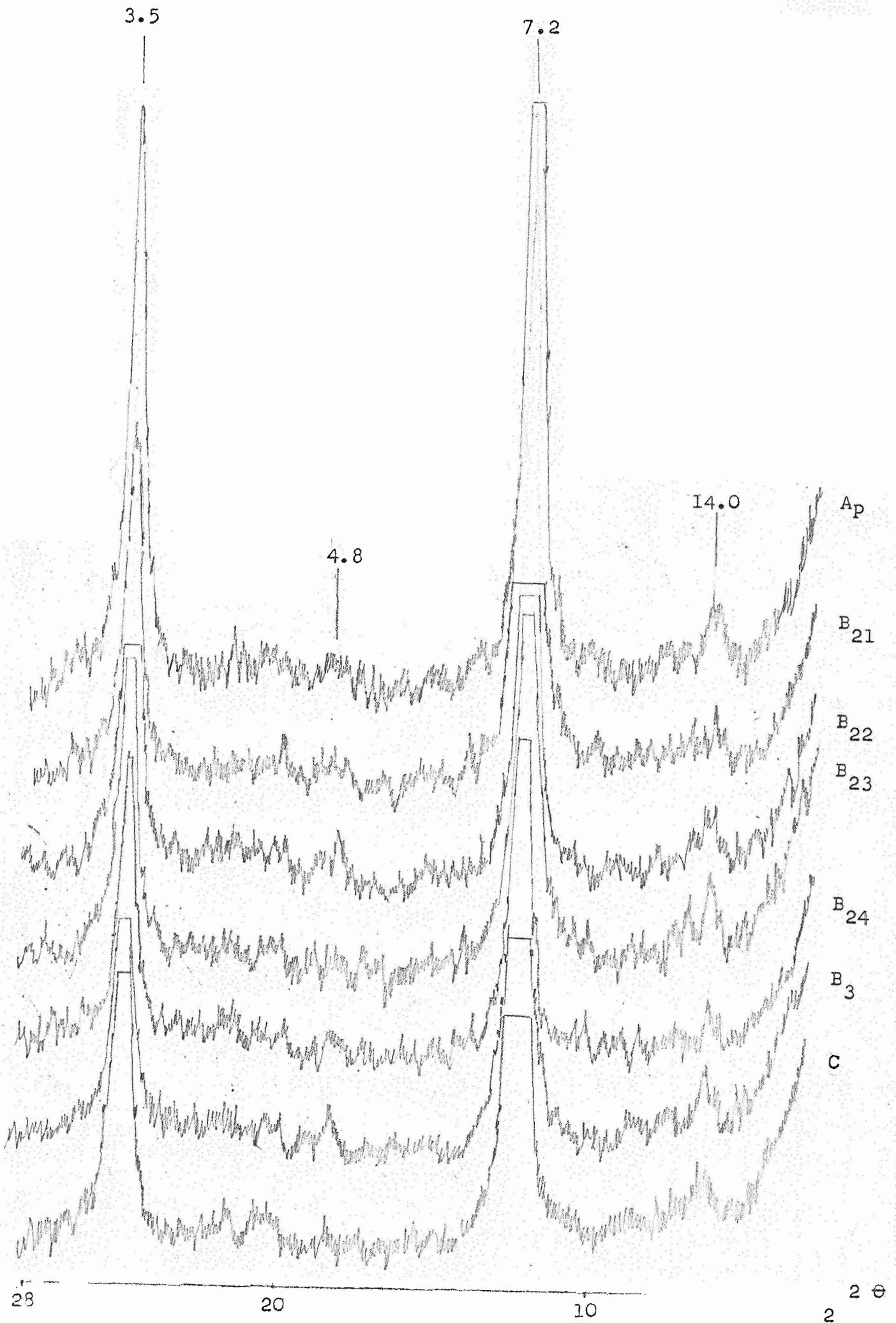


Fig. 7 - Defratogramas da fração argila fina do perfil TP<sub>17</sub>  
(horizontes: Ap, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>23</sub>, B<sub>24</sub>, B<sub>3</sub> e C)

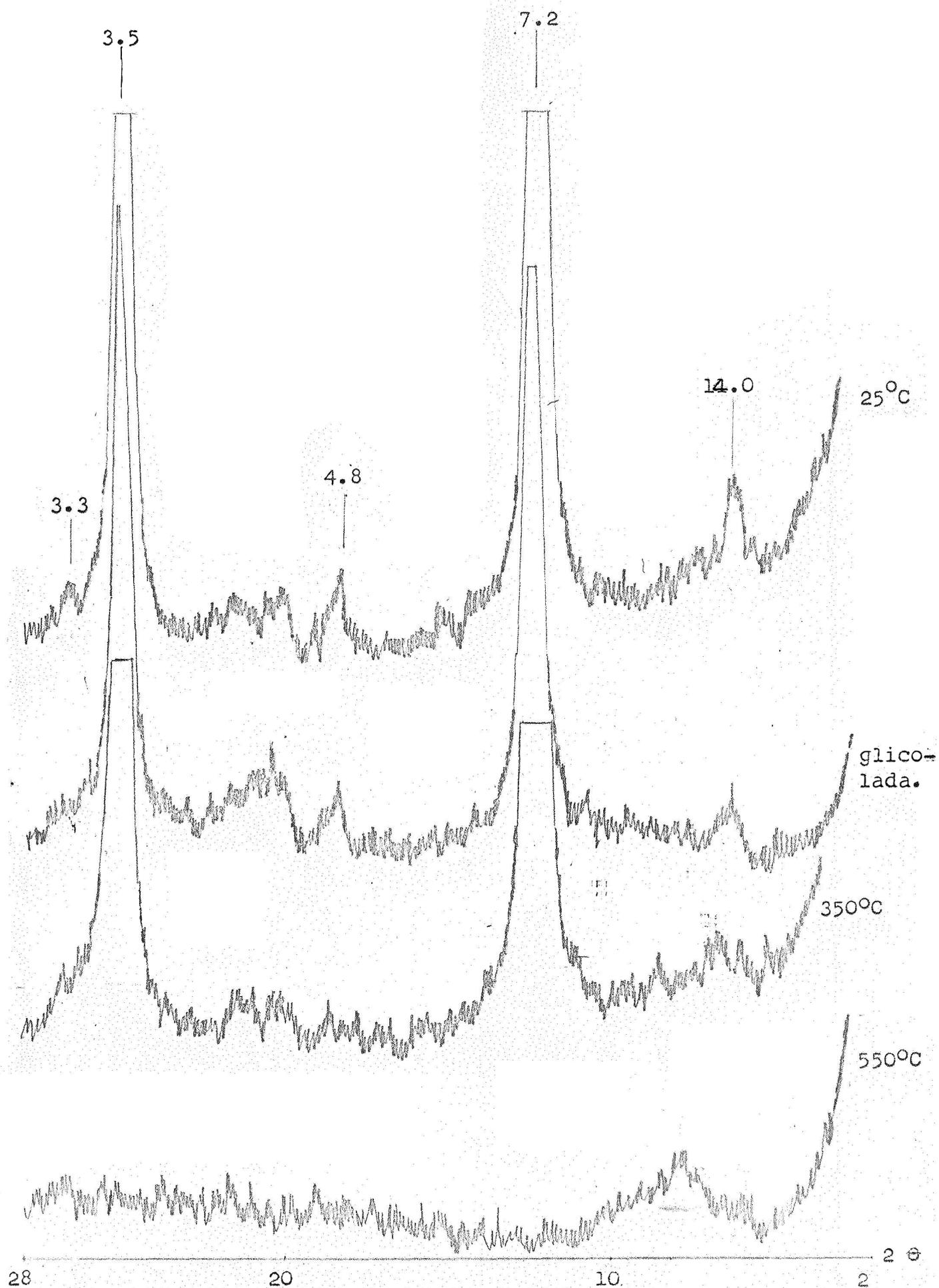


Fig. 8 - Difratoqramas da fração argila grossa do perfil TP<sub>17</sub>  
(amostras com testemunhas correspondentes ao horizonte B<sub>3</sub>)

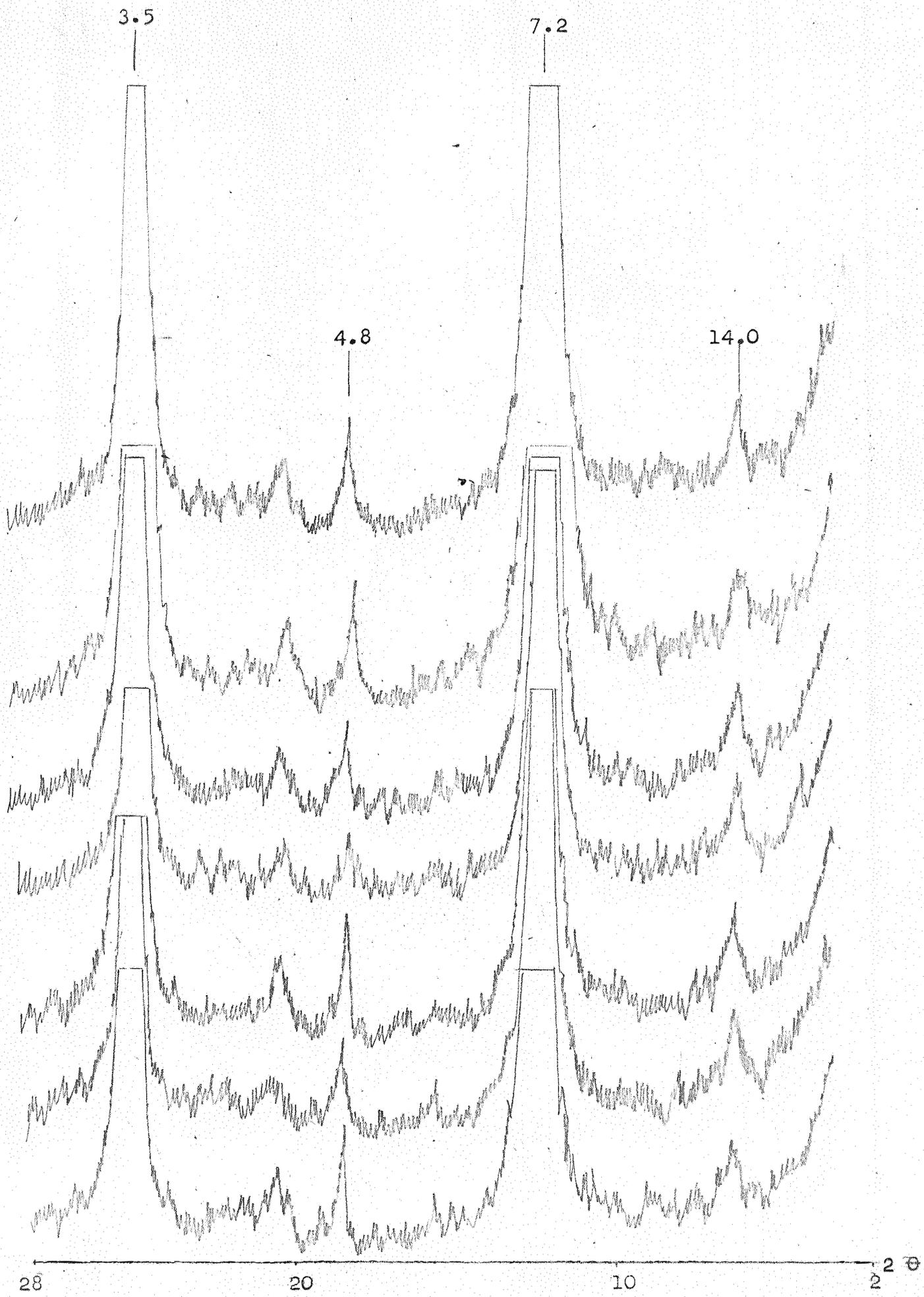
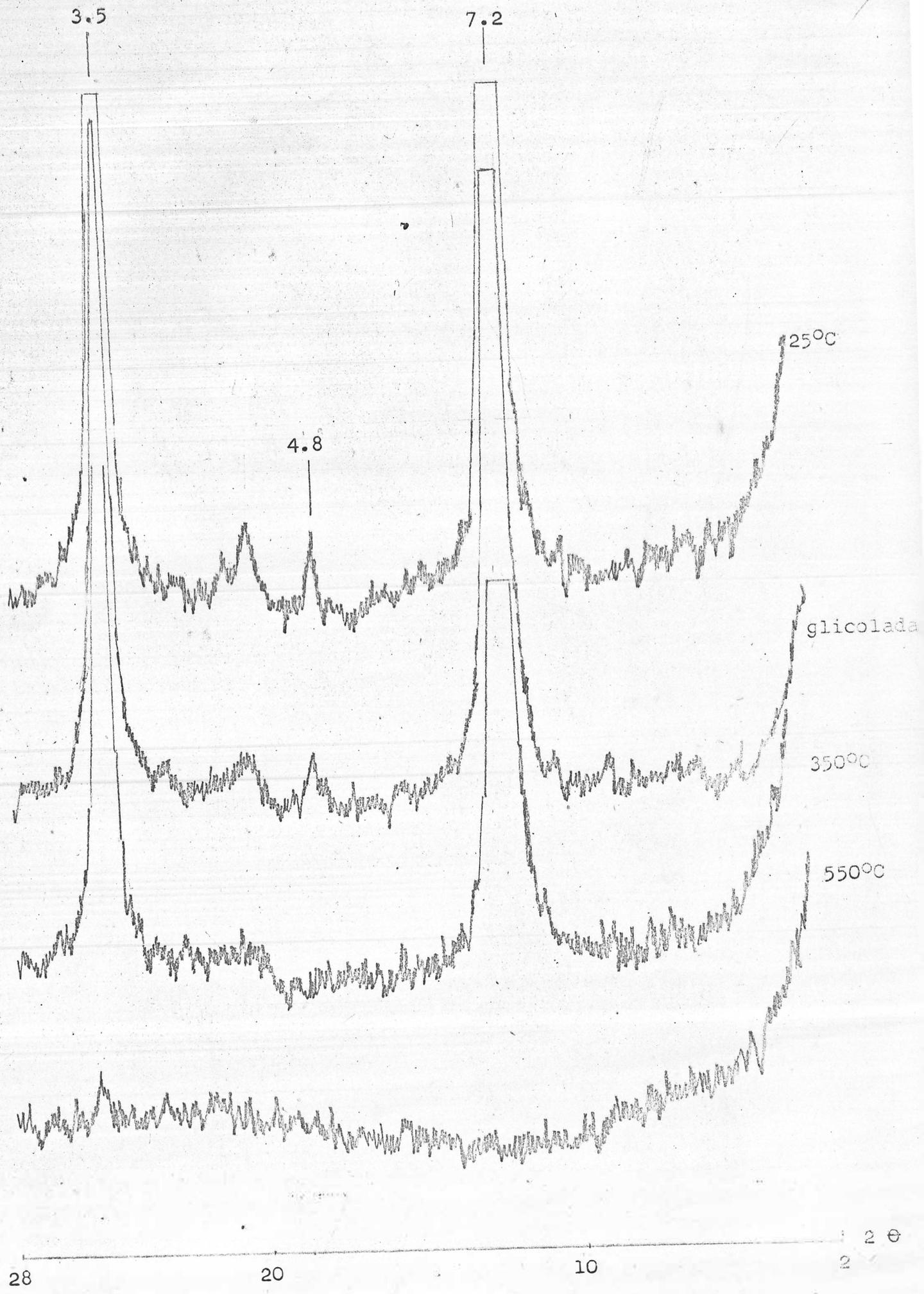


Fig. 9 - Difratoqramas da fração argila grossa do perfil TP18 (horizontes: Ap, B21, B22, B31, B32 e C).



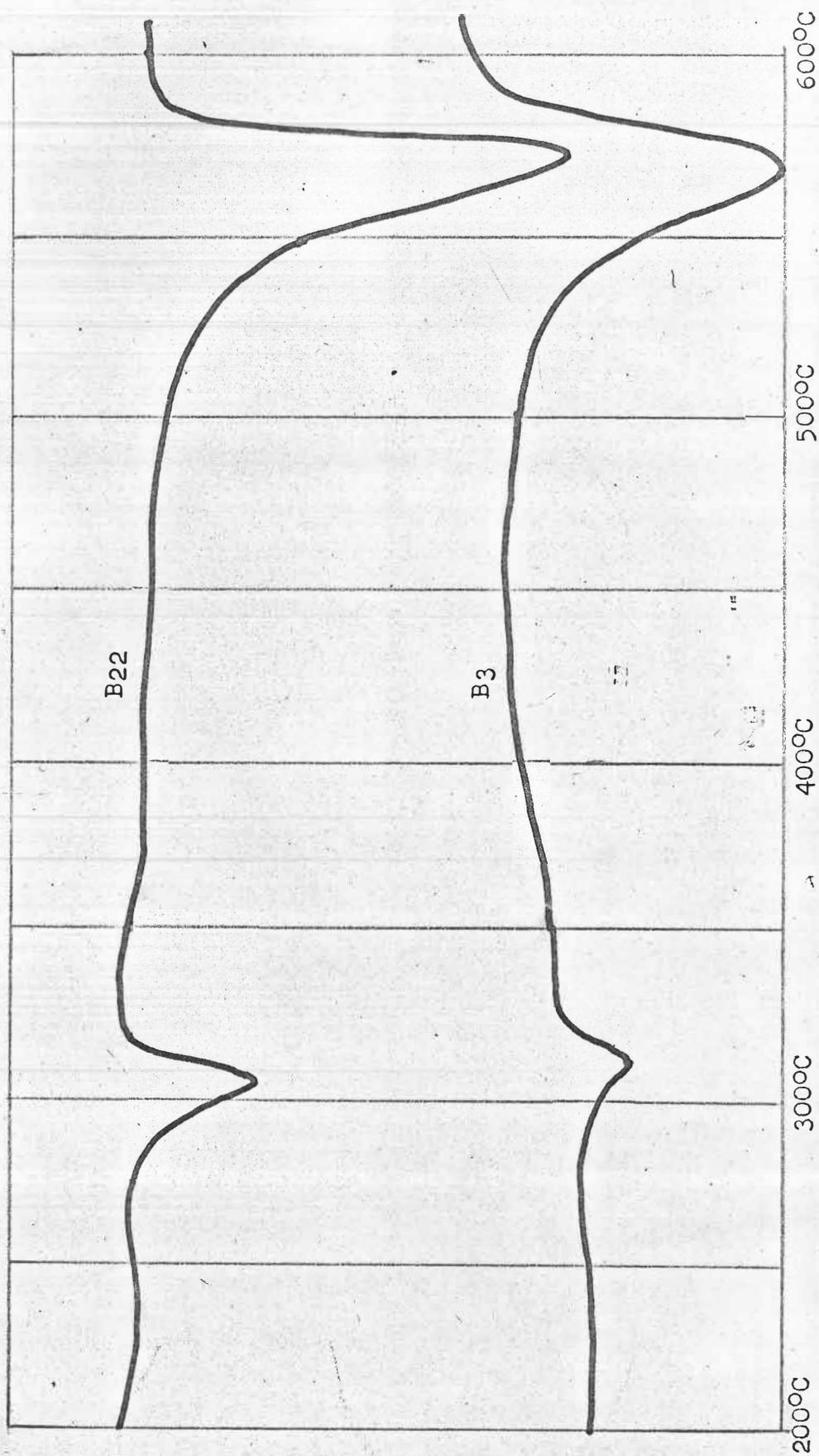


Fig. 11 - Termogramas dos perfis TP18 (horizonte B22, argila fina) e TP17 (horizonte B3, argila grossa).

#### 4.4 - Intemperização dos solos

Segundo JACKSON et al. (24) um estágio médio de intemperização pode ser calculado mediante a porcentagem dos minerais e seus respectivos estágios de intemperização da seguinte maneira:

$$IM = \frac{\sum (p.s)}{\sum (p)}$$

onde IM representa intemperismo médio, p representa a porcentagem do mineral e s o estágio de intemperização. Esta intemperização média representa um valor, na escala do intemperismo, que pode ser comparada entre os horizontes de um mesmo solo ou entre horizontes da mesma natureza mas de solos diferentes. Da mesma maneira o índice Ki (relação molar de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ ) também é usado como um índice para comparar os estágios de desenvolvimento de diferentes solos (JACKSON et al., 24; HESEUNG e JACKSON, 21).

O Quadro 8 indica os dados da intemperização média (IM), do índice Ki e da capacidade de troca de cátions para os horizontes B<sub>2</sub> dos perfis estudados. O índice Ki e a intemperização média calculada para o TP<sub>12</sub> (horizonte B<sub>2</sub>) apresentam uma variação de valores de 2,63 e 9,1 para a fração argila grossa, 1,46 a 9,3 para a fração argila fina respectivamente. Estes resultados indicam que a fração fina é mais intemperizada do que a fração grossa. O estágio de intemperização alcançado pela unidade TP<sub>13</sub> é um pouco mais elevado do que o TP<sub>12</sub> (Quadro 8), com valores de Ki e IM para as frações grossa e fina de 2,19 a 9,3 e de 1,64 a 9,4 respectivamente. Esta maior intemperização se deve ao aumento da caulinita e diminuição da mica. POST e WHITE (39) encontraram sequência a esta para solos de Indiana, desenvolvidos de folhelhos. Do mesmo modo, estes resultados concordam com JACKSON et al. (22) quando se referiam ao processo da podzolização.

A presença de gibbsita no TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, aliado com o teor elevado de caulinita e baixo de mica e vermiculita fazem com que este perfil esteja em estágios mais avançados de intemperismo (estágios 10 e 11) do que os perfis TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>. De acordo com os dados apresentados no Quadro 8 pode-se observar que os dados do TP<sub>17</sub> e do

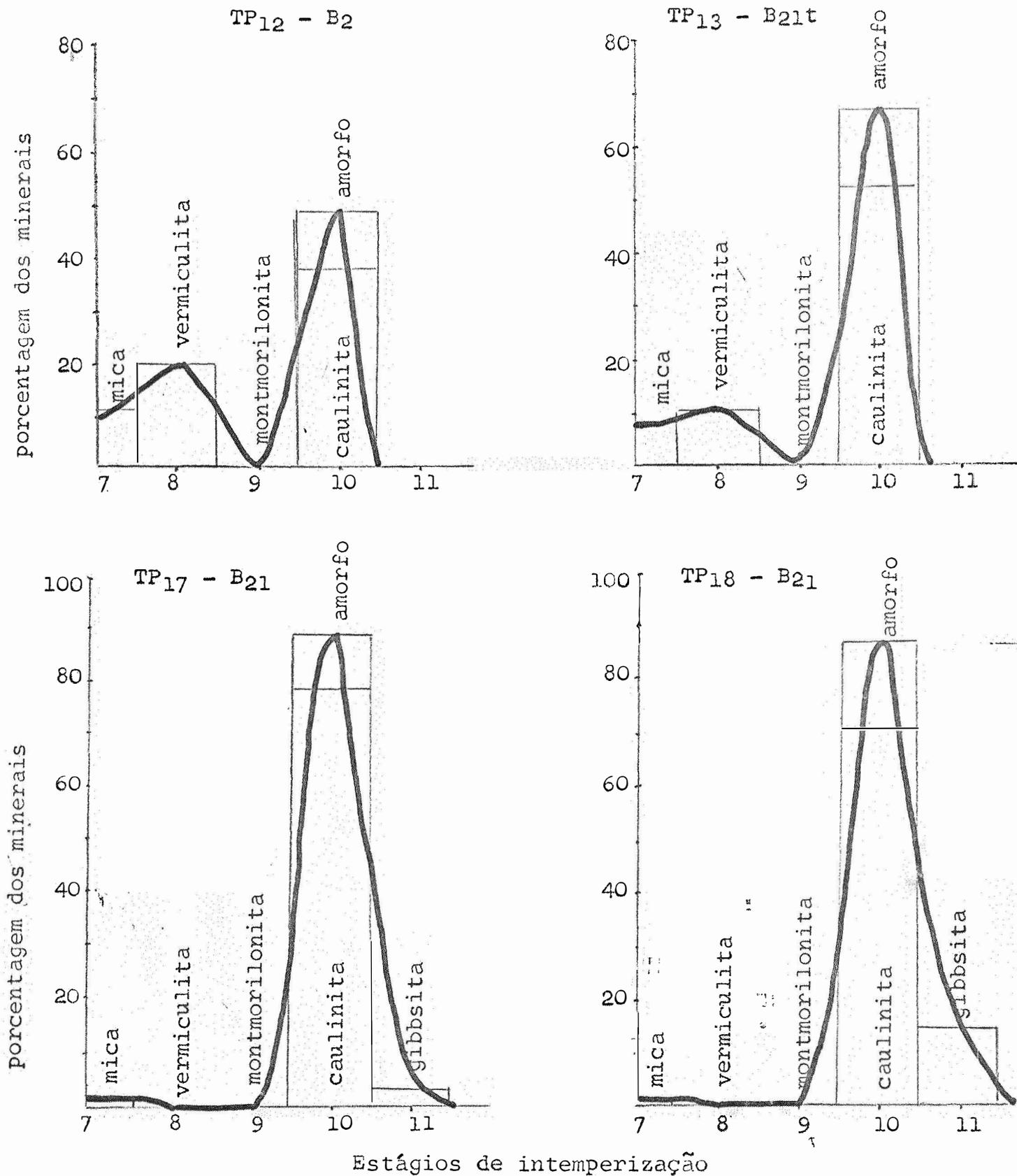
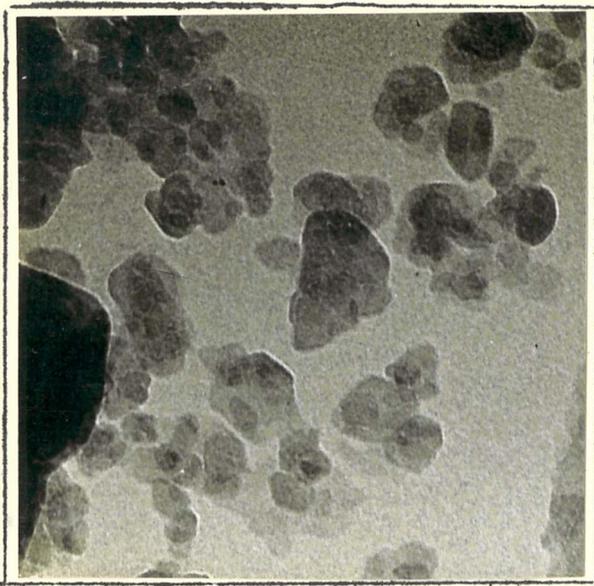
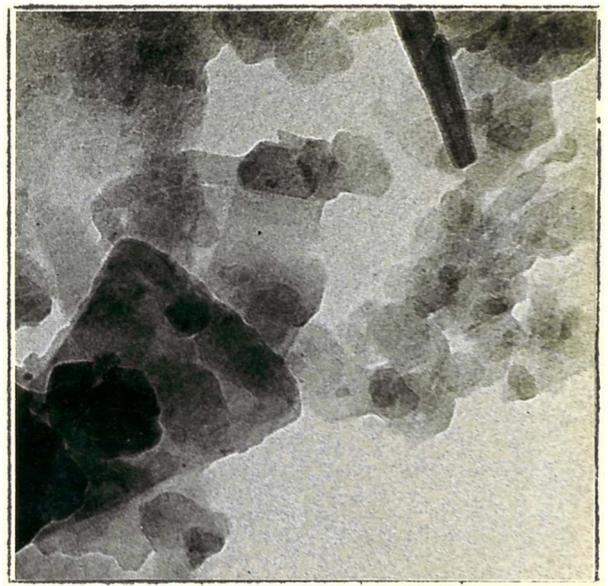


Fig. 12 - Distribuição dos minerais e estágios de intemperização das unidades TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> (horizontes B<sub>2</sub>, B<sub>21t</sub>, B<sub>21</sub> e B<sub>21</sub>, respectivamente, fração 2-0.2 u)

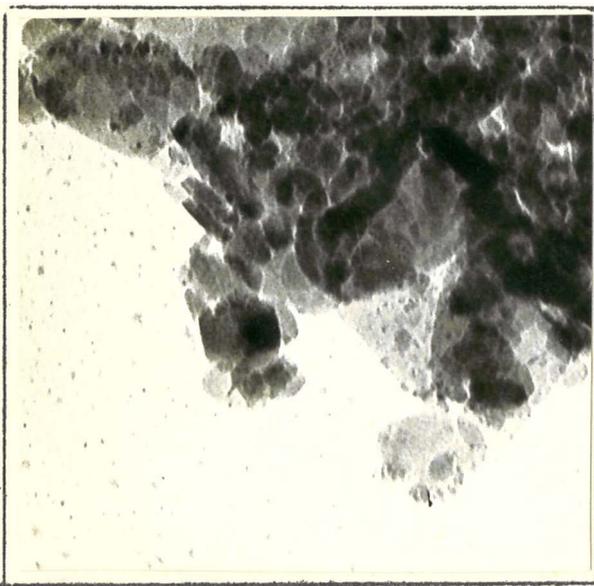


(a)

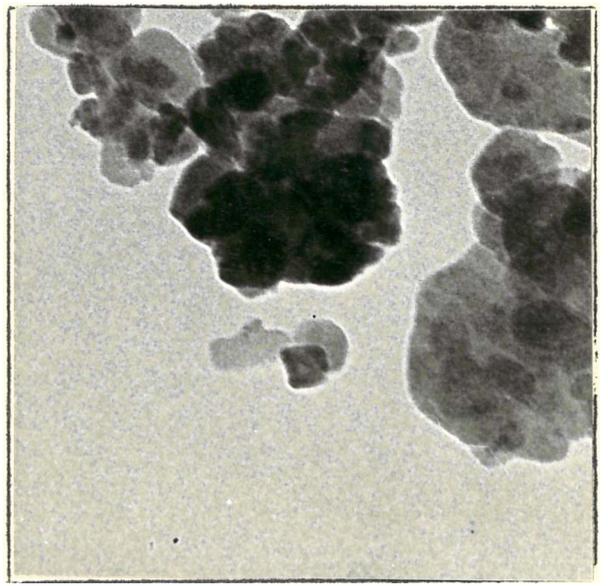


(b)

*u*



(c)



(d)

Fig. 13 - Micrografias eletrônicas dos perfis TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>.

- a) Perfil TP<sub>12</sub>, horizonte B<sub>2</sub>, argila grossa. Observa-se placas de mica na parte superior e hexágonos de caulinita na inferior.
- b) Perfil TP<sub>13</sub>, horizonte B<sub>22t</sub>, argila fina. Verifica-se placas de mica.
- c) Perfil TP<sub>17</sub>, horizonte B<sub>22</sub>, argila grossa. Nota-se na parte inferior hexágonos de caulinita e possivelmente tubos de halloysita na parte superior.
- d) Perfil TP<sub>18</sub>, horizonte B<sub>21</sub>, argila fina. Hexágonos de caulinita e na parte inferior, partículas com ângulos retos, possivelmente gibbsita.

Quadro 8 - Relação Ki e intemperização média dos horizontes B<sub>2</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>21</sub> e B<sub>21</sub> das unidades TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, respectivamente.

Perfis	Horizontes	argila grossa			argila fina		
		Ki	IM	CTC	Ki	IM	CTC
TP <sub>12</sub>	B <sub>2</sub>	2.63	9.1	11.7	1.46	9.3	31.6
TP <sub>13</sub>	B <sub>22t</sub>	2.19	9.3	23.3	1.64	9.4	30.9
TP <sub>17</sub>	B <sub>21</sub>	1.83	9.9	17.0	0.92	9.9	15.1
TP <sub>18</sub>	B <sub>21</sub>	1.71	10.1	16.0	0.83	10.1	8.8

TP<sub>18</sub> são semelhantes, diferindo apenas no maior teor de gibbsita apresentado pelo TP<sub>18</sub>. Esta variação na quantidade de gibbsita faz com que o estágio de intemperização do TP<sub>18</sub> seja um pouco mais avançado quando comparado com o TP<sub>17</sub> (9,9 para 10,1 para as duas frações). A figura 12 apresenta a distribuição dos minerais e estágios de intemperização, ilustrando o que foi dito até aqui.

BARES (3) trabalhando em solos do Hawai observou que o produto final da intemperização é representado pela gibbsita, gohetita e anatase, e que o principal processo de alteração de minerais é a dessilicatização, aliás resultado este também encontrado por MOHR e van BAREM (34), MONIZ e JACKSON (36) que trabalharam em solos tropicais. De acordo com estes autores, pode-se verificar, através dos dados obtidos (Quadros 6 e 7) que o teor de mica diminui do TP<sub>12</sub> para o TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, aumentando o teor de caulinita neste mesmo sentido. Nestas condições, a alteração da mica para caulinita, pelo processo de dessilicatização é válido também para estes perfis. A presença de gibbsita nos dois latossóis pode ser explicada pelo mesmo processo a partir da caulinita (3-21-22).

A presença do material amorfo em solos tropicais já foi devidamente explicada por diversos autores (23-21-36) e a sua posição no estágio 10 na escala do intemperismo, foi sugerida por TAMURA et al. (47).

A alteração da mica em vermiculita, mostrada através dos trabalhos de BARCHARDT et al. (4), HSEUNG e JACKSON (21), em solos de clima temperado, parece também ocorrer como um estágio intermediário na intemperização da mica para caulinita em nossos solos. Este fato pode ser observado nos resultados obtidos, pois, a vermiculita sempre está presente.

De acordo com os dados obtidos para as unidades TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, pode-se perfeitamente sugerir a seguinte sequência de intemperismo: ROCHA  $\longrightarrow$  MICA  $\longrightarrow$  (VERMICULITA)  $\longrightarrow$  CAULINITA e MATERIAL AMORFO  $\longrightarrow$  GIBBSITA, sequência esta também encontrada por (14) e (36) que trabalharam com solos tropicais.

#### 4.5 - Classificação dos solos

Neste capítulo foi feita uma tentativa de classificação dos solos estudados ao nível de família. Os critérios seguidos para tal classificação foram aqueles fornecidos pelo Soil Survey Staff, publicado em 1967 (46). Os dados analíticos e morfológicos utilizados foram aqueles já devidamente apresentados nos itens 4.1, 4.2 e 4.3.

O perfil TP<sub>12</sub> apresenta um epipedon ócrico e na profundidade de 32 cm um horizonte diagnóstico de sub superfície denominado câmbico. Devido a estas características, este perfil foi enquadrado na ordem Inceptisol. A média anual da temperatura do solo, sendo maior do que 8°C e a diferença entre as médias de temperaturas de verão e do inverno sendo menos do que 5°C\*, aliada com o contato "parolithic" e a ocorrência do epipedon ócrico e do horizonte câmbico, fazem com que a sub-ordem definida seja a Tropept. O valor da saturação em bases pelo método do acetato de amônia é maior do que 50%, no epipedon e no câmbico, fazendo com que este solo seja enquadrado no grande grupo Eutropept e no sub grupo Lithic Eutropept. Finalmente, as características de textura, de acidez, de mineralogia e de temperatura permitem enquadrá-lo, ao nível de família, com a seguinte denominação: Lithic Eutropept, clayey, acid, kaolinitic, isothermic.

(\*) Informação verbal fornecida pelo Dr. A.A. Ortolani, da Seção de Climatologia do Instituto Agronômico de Campinas.

Devido à ocorrência de um horizonte diagnóstico de sub-superfície, denominado argílico e pela saturação em bases (maior do que 35%) o perfil TP<sub>13</sub> pode ser enquadrado na ordem Alfisol e subordem Udalfs. As características da classe textural, do marchetamento, da saturação em bases ser maior do que 60% até a profundidade de 125 cm e da inexistência de um contato "parolithic" nos primeiros 50 cm, fazem com que este perfil seja enquadrado na subordem Typic Tropudalf. Os demais dados, necessários para a classificação deste perfil a níveis mais inferiores, permitiram colocá-lo na seguinte categoria: Typic Tropudalf, clayey, acid, kaolinitic, isothermic.

A definição de um horizonte diagnóstico de superfície denominado óxico permite colocar o perfil TP<sub>17</sub> na ordem Oxisol e subordem Orthox. De acordo ainda com o valor do índice de saturação em bases (acetato de amônio) ser maior do que 35% no epipedon e em todos os sub-horizontes e da inexistência de um epipedon antrópico, o grande grupo definido para este perfil será o Eutrorthox. O sub-grupo Typic Eutrorthox foi definido devido à espessura do óxico, ao grau de estrutura da classe textural e da inexistência de plintita e mosqueado. Finalmente, na categoria de família o TP<sub>17</sub> foi classificado como Typic Eutrorthox, clayey, acid, kaolinitic, isothermic.

A presença de um horizonte óxico, de sub-superfície, aliado com uma temperatura média anual de 22°C fazem com que o perfil TP<sub>18</sub> seja enquadrado na ordem Oxisol e na subordem orthox. Os valores da saturação em bases (NA<sub>4</sub>OAC) são superiores a 35%, tanto no epipedon como nos horizontes inferiores, definindo portanto um grande grupo Eutrorthox. Devido à espessura do óxico, ao grau de estrutura, da classe textural e da inexistência de plintita e mosqueado, o TP<sub>18</sub> pode ser enquadrado no sub grupo Typic Eutrorthox. Finalmente, as características de textura, de acidez, de temperatura e de mineralogia, permitem enquadrá-lo, ao nível de família, como Typic Eutrorthox, clayey, nonacid, kaolinitic, isothermic.

## 5 - CONCLUSÕES

Considerando as condições de trabalho e os materiais e métodos utilizados, de um modo geral, para a presente pesquisa, podemos concluir:

- a) A caulinita é o mineral dominante nas frações argila grossa e fina, em todos os solos estudados. Os valores máximos e mínimos variam de: 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 25,0% (TP<sub>12</sub>, rocha) e 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 22,5% (TP<sub>13</sub>, rocha) respectivamente;
- b) o material amorfo geralmente segue a caulinita em quantidade. Os teores máximos e mínimos para ambas as frações são de: 26,0% (TP<sub>18</sub>, B<sub>22</sub>), 9,6% (TP<sub>13</sub>, Ap) e 27,2% (TP<sub>17</sub>, B<sub>22</sub>), 13,6% (TP<sub>18</sub>, Ap) respectivamente;
- c) os valores da mica no TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>, apresentam variações em ambas as frações, aumentando em profundidade, com valores extremos de: 24,8% (TP<sub>13</sub>, rocha), 8,5% (TP<sub>13</sub>, B<sub>21t</sub>) e 17,0% (TP<sub>13</sub>, rocha), 8,7% (TP<sub>13</sub>, Ap). Para os demais solos, a quantidade de mica é normalmente inferior a 5%;
- d) a vermiculita ocorre em todos os horizontes dos solos estudados. Os valores mais baixos foram encontrados nos perfis TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> com teores menores a 1% e valores de 10 a 20%, para os perfis TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>;
- e) os perfis TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> apresentam gibbsita na fração grossa e fina de todos os horizontes, com teores que variam de: 2,6 a 4,4% e 1,5 a 5,0%; de 5,0 a 15,0% e 5,5 a 10,0%, respectivamente;
- f) o quartzo só foi constatado na fração grossa das unidades TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub>. Nestes mesmos solos, foi verificada a presença de minerais interestratificados;
- g) a sequência de intemperização obtida corresponde a: ROCHA-MICA → (VERMICULITA) → CAULINITA e MATERIAL AMORFO → GIBBSITA;
- h) de acordo com a intemperização média, os solos estudados foram colocados nas seguintes posições: TP<sub>12</sub> > TP<sub>13</sub> > TP<sub>17</sub> > TP<sub>18</sub>;

- i) o perfil TP<sub>12</sub> foi classificado como Lythic Eutropept ,  
clayey , kaolinitic , acid , isothermic;
- j) o perfil TP<sub>13</sub> foi classificado como Typic Tropudalf, clayey,  
kaolinitic, acid , isothermic;
- k) o perfil TP<sub>17</sub> foi classificado como Typic Eutrorthox ,clayey,  
kaolinitic, acid , isothermic;
- l) o perfil TP<sub>18</sub> foi classificado como Typic Eutrorthox ,clayey,  
kaolinitic , nonacid, isothermic.

## 6 - RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o estudo de 4 perfis de solos, situados na bacia hidrográfica do ribeirão Tijuco Preto, no Município de Rio das Pedras. Para tal fim analisaram-se as características morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas, finalizando com uma tentativa de classificação das unidades de acordo com a 7th APPROXIMATION (46).

Os referidos solos foram denominados TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub>, sendo amostrados em trincheiras, abertas em lugares que representassem o perfil modal ou o mais próximo deste. Análises química e mecânica foram realizadas para todos os horizontes.

Após a remoção dos sais solúveis, da matéria orgânica e do óxido de ferro livre do solo, a fração argila foi separada, das demais frações, por sifonação, e, posteriormente, dividida em duas frações, argila grossa e fina, por centrifugação. Nestas duas frações foram realizadas as seguintes análises: química (determinação de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O e capacidade de troca de cátions); difração de raios-X, térmica diferencial e micrografia eletrônica. A análise quantitativa das frações argila grossa e fina mostraram diferenças entre as unidades estudadas. O mineral dominante, tanto na fração grossa como na fina, foi a caulinita, com valores máximos e mínimos de: 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 25,0% (TP<sub>12</sub>, rocha) e 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 22,5% (TP<sub>13</sub>, rocha) respectivamente. O material amorfo apresenta variações máxima e mínima, para as duas frações de: 26,0% (TP<sub>18</sub>, B<sub>22</sub>), 9,6% (TP<sub>13</sub>, Ap) e 27,2% (TP<sub>17</sub>, B<sub>22</sub>), 13,6% (TP<sub>18</sub>, Ap) respectivamente. Os teores de mica para o TP<sub>12</sub> e TP<sub>13</sub> aumentam gradativamente em profundidade, com valores extremos, para ambas as frações de 24,8% (TP<sub>13</sub>, rocha), 8,5 (TP<sub>13</sub>, B<sub>21t</sub>) e 17,0 (TP<sub>13</sub>, rocha), 8,7% (TP<sub>13</sub>, A<sub>p</sub>). Para os demais solos, a quantidade de mica normalmente é inferior a 5%. A vermiculita ocorre em todos os horizontes dos solos estudados, porém, com resultados variáveis. Os valores mais baixos encontrados nos perfis TP<sub>17</sub> e TP<sub>18</sub> com teores menores do que 1% e valores normalmente entre 10 e 20% para os demais perfis.

A sequência de intemperização encontrada corresponde a:  
ROCHA-MICA → (VERMICULITA) → CAULINITA e MATERIAL AMORFO → GIB-  
BSITA.

Com os resultados obtidos, os solos foram classificados, tentativamente, da seguinte maneira: unidade TP12: Lythic Eutropept, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; unidade TP13: Typic Tropudalf, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; unidade TP17: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, acid, isothermic e unidade TP18: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, nonacid, isothermic.

## 7 - RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar cuatro perfiles de suelos , situados en la cuenca hidrográfica del ribeirão Tijuco Prêto, en el Município de Rio das Pedras. Para tal fin se analizaron las características morfológicas , químicas , físicas e mineralógicas, finalizando con una tentativa de clasificación de las unidades de acuerdo con la 7<sup>th</sup> APPROXIMATION (46).

Los referidos suelos fueron denominados TP<sub>12</sub>, TP<sub>13</sub>, TP<sub>17</sub> y TP<sub>18</sub>, las muestras de los horizontes colectáronse de calicatas abiertas en lugares que representasen el perfil modal o lo más próximo de éste. Análisis química y mecánica fueron realizadas para todos los horizontes.

Después de la remoción de las sales solubles , de la materia orgánica y del óxido de hierro libre del suelo , la fracción arcilla fué separada , de las demás fracciones, por sifonación , y, posteriormente, divididas en dos fracciones, arcilla gruesa y fina, por centrifugación. En estas dos fracciones fueron realizadas los siguientes análisis: química (determinación de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O y capacidad de intercambio de cationes); difracción de rayos-X, término diferencial y micrografia electrónica. El análisis cuantitativo de las fracciones arcilla gruesa y fina mostraron diferencias entre las unidades estudiadas. El mineral dominante, tanto en la fracción gruesa como en la fina, fué la caolinita, con valores máximos y mínimos de: 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 25,0% (TP<sub>12</sub>, roca) y 79,0% (TP<sub>18</sub>, Ap), 22,5% (TP<sub>13</sub>, roca) respectivamente. El material amorfo presenta variaciones máximas y mínimas , para las dos fracciones de: 26,0% (TP<sub>18</sub>, B<sub>22</sub>), 9,6% (TP<sub>13</sub>, Ap) y 27,2% (TP<sub>17</sub>, B<sub>22</sub>), 13,6% (TP<sub>18</sub>, Ap) respectivamente. Los tenores de mica para el TP<sub>12</sub> y TP<sub>13</sub> aumentan gradualmente con la profundidad, los valores extremos para ambas fracciones son: 24,8% (TP<sub>13</sub>, roca), 8,5% (TP<sub>13</sub>, B<sub>21t</sub>) y 17,0% (TP<sub>13</sub>, roca), 8,7% (TP<sub>13</sub>, Ap). Para los demás suelos, la cantidad de mica es normalmente inferior a 5%. La vermiculita ocurre en todos los horizontes estudiados , pero con resultados variables. Los

valores más bajos fueron encontrados en los perfiles TP<sub>17</sub> y TP<sub>18</sub> con tenores menores a 1% y valores normalmente entre 10 y 20% para los demás perfiles. La secuencia de intemperización encontrada corresponde a: ROCA-MICA → (VERMICULITA) → CAOLINITA y MATERIAL AMORFO → GIBSITA.

Con los resultados obtenidos, los suelos fueron clasificados, tentativamente, de la siguiente manera: unidad TP<sub>12</sub>: Lythic Eutropept, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; unidad TP<sub>13</sub>: Typic Tropudalf, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; unidad TP<sub>17</sub>: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, acid, isothermic y unidad TP<sub>18</sub>: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, nonacid, isothermic.

8 - SUMMARY

This work has had as its objective the study of four profiles of soil, located in the hydrographic basin of ribeirão Tijuco Prêto, in the Municipality of Rio das Pedras in the State of São Paulo. To this end, the morphological, chemical, physical and mineralogical characteristics were analysed and an attempt was made to classify the units according to the 7th Approximation (46).

The referred to soils were denominated TP12, TP13, TP17 and TP18, and the samples were collected from open pits in places representing the modal profile. Chemical and mechanical analyses were carried out of all the horizons of the soils.

After removing the soluble salts from the organic matter and the free iron oxide from the soil, the clay fraction was separated from the other fractions by siphoning and then by means of centrifuge, was divided into two fractions. Coarse clay and fine clay ( $2-0.2 \mu$  and less of  $0.2 \mu$ , respectively). The following analyses were carried out of these two fractions: chemical (determination of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and cation exchange capacity); X-ray diffraction, differential thermic analysis and alectronic micrography. The quantitative analysis of the coarse and fine clay fractions showed differences between the studied units. The dominating mineral in the coarse fraction as well as in the thin fraction was kaolinite with maximum and minimum values of: 79.0% (TP18, Ap), 25.0% (TP12, rock), and 79.0% (TP18, Ap), 22.5% (TP13, rock) respectively. The amorphous material presented a maximum and minimum variations for the two fractions, of: 26.0% (TP18, B22), 9.6% (TP13, Ap) and 27.2% (TP17, B22), 13.6% (TP18, Ap) respectively. The mica content for TP12 and TP13, increased gradually according to the depth, and the extreme values for both fractions were: 24.8% (TP13, rock), 8.5% (TP13, B21t) and 17.0% (TP13, rock), 8.7% (TP13, Ap). For the remaining soils, the quantity of mica was normally less than 5%.

The vermiculite occurred in all the studied horizons, but with variable results. The lowest values were found in profiles TP<sub>17</sub> and TP<sub>18</sub> with quantities of less than 1% and in the remaining soils the normal values were between 10% and 20%.

The sequence of weathering observed corresponded to:  
ROCK-MICA → (VERMICULITE) → KAOLINITE AND AMORPHOUS MATERIAL  
→ GIBBSITE;

The obtained results permitted a tentative classification of the soils in the following manner: Unit TP<sub>12</sub>: Lythic Eutropept, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; Unit TP<sub>13</sub>: Typic Tropudalg, clayey, linitic, acid, isothermic; Unit TP<sub>17</sub>: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, acid, isothermic; and Unit TP<sub>18</sub>: Typic Eutrorthox, clayey, kaolinitic, nonacid, isothermic.

8 - BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1 - ALEXIADES, C.A., and M.L.MACKSON - 1965 - quantitative determination of vermiculite in soils - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:523-527.
- 2 - \_\_\_\_\_ and M.L.JACKSON - 1966 - quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. Clays and clay minerals, 14th. conf. Pergamon press. New York.
- 3 - BATES, F.T. - 1960 - Rock weathering and clay formation in Hawaii - College of Mineral Industries - University Park - Pennsylvania - vol. 29 - nº 8.
- 4 - BARCHARDT, G.A., M.L.JACKSON and F.DHOLE - 1966 - Expansible layer silicate genesis in soils depicted in mica pseudomorphs. - Proceeding International Clay Conference 1:175 - 185.
- 5 - BRINDLEY, G.W. - 1955 - Identification of clay minerals by X-ray difraction analysis in clays and Clay Technogy - State of California - Bulletin 169.
- 6 - BUOL, S.W. and F.D.HOLE - 1959 - Some characteristics of Clay Skins on pedes in the B horizon of a Gray-Brown podzolic soil - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 239-241.
- 7 - CALDWELL, A.C., R S.FARNHAM and F.L.HAMMERS - 1955 - A chemical and mineralogical study of clay materials from several Gray-Brown Podzolic soils of Minnesota - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:351-354.
- 8 - COMISSÃO DE SOLOS - 1960 - Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo - Boletim nº 12 - Rio de Janeiro - Brasil.
- 9 - CATANI, R.A., J.R.GALLO e H.GARGANTINI - 1955 - Amostragem de Solo. Métodos de análise. Interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade - I.A.C. - São Paulo.
- 10 - COOK, MG. and C.I.RICH - 1962 - Weathering of sodium-potassium mica in soils of the Virginia Piedmont - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26:591-595.
- 11 - DA GLORIA, N.A., R.A.CATANI e T.MATUO - 1964 - Método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio "trocável" de solo. Vol. XXI. Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz" - Piracicaba.

- 12 - DA GLORIA, N.A., R.A.CATANI e T.MATUO - 1965 - Determinação de troca de cátions do solo por fotometria de chama. - Vol. XXII. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- 13 - DEMATTE, J.L.I. - 1968 - Estudo pedológico de perfis da série Ibitiruna - Tese apresentada para Doutorado - ESALQ - Piracicaba.
- 14 - \_\_\_\_\_ e A.C.MONIZ - 1969 - Estudo pedológico de perfis da série Guamium - XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Curitiba , Paraná - Brasil.
- 15 - DE VILLIERS, J.M. - 1964 - The génesis of some Natal soils. I. Clovely, Kranskop and Balmoral series - S. Afr. I. Agric. Sci. 7:417-438.
- 16 - DIVISÃO DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO M.A. - 1967 - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul - Primeira etapa - planalto Rio Grandense - Pesq. Agrop. Bras. 2:71-209.
- 17 - DIXON, J.B. - 1966 - Quantitative analysis of kaolinite and gibbsite in soils by differential thermal and selective dissolution methods - Clays and clay Minerals - 14th.Conf. Pergamon Press - New York.
- 18 - FANNING, C.D. and F.GRAY - 1959 - Characterization and genetic study of a Dennis and a Parsons soil - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:321-324.
- 19 - GOEDERT, W.J. - 1967 - Contribuição ao estudo das argilas dos solos do Rio Grande do Sul. Pesq. Agr. Bras. 2:245-258.
- 20 - HARPSTEAD, M. and R.H.RUST - 1964 - A pedological characterization of five profiles in Gray wooded Soils Area of Minnesota - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:113-118.
- 21 - HSEUNG, Y and M.L.JACKSON - 1952 - Mineral composition of the clay fraction. III. Of same main soil groups os China - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:294-297.
- 22 - JACKSON, M.L., S.A. TYLER, A.L.WILLIS, G.A.BOURBEAU and R.P. PENNINGTON - 1948 - Weathering sequence of clay-size minerals in soil and sediments - J. Phys. Colloid Chem. 52: 1237-1260.
- 23 - \_\_\_\_\_, Y.HSEUNG, R.B.COREY, E.T.EVANS and R.C.VANDEN HEUVEL - 1952 - Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments - II. Chemical weathering of layer silicates - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:3-6.

- 24 - JACKSON, M.L. and G.D.SHERMAN - 1953 - Chemical weathering of minerals in soils - Adv. in Agronomy. Amer. Soc. of Agr. 5:221-318.
- 25 - \_\_\_\_\_ - 1956 - Soil Chemical Analysis - Advanced course Dept. of Soils, Univ. of Wis. Madison 6, wis.
- 26 - JARVIS, N.L., E.ROSCOE and O.W.BIDWELL - 1959 - A chemical and mineralogical characterization of selected Brunizem, Reddish Praire, Grumosol and Planosol soils developed in Pre-Pleistocene materials - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. '23:234-239.
- 27 - JEFFRIES, C.D. and M.L.JACKSON - 1949 - Mineralogical Analysis of soils - Soil Sci. 68:57-63.
- 28 - JONES, L.N.P., A.A.MILNE and P.M.ATTIWIL - 1964 - Dioctahedral vermiculite and chlorite in highly weathered Red Loams in Victoria, Australia - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:108-113.
- 29 - KLAMT, E. e M.T.BEATTY - 1969 - Morfologia, gênese e classificação de alguns solos do Município de Ibirubá e regiões onde ocorrem - XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Curitiba, Paraná - Brasil.
- 30 - MALAVOLTA, E. e T.COURY - 1954 - Apostila de práticas de química agrícola - Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz" - Piracicaba.
- 31 - MELFI, A.J., V.A.V.GIRARDI e A.C.MONIZ - 1966 - Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodureto de Camargo" - Bragantia 25:9-30.
- 32 - \_\_\_\_\_ - 1967 - Intemperismo de Granitos e Diabásios no Município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo - Tese de Doutorado Fac. de Fil. Cien. e Letras. U.S.P.
- 33 - MEZZALIRA, S. - 1965 - Descrição geológica e geográfica das fôlhas de Piracicaba e São Carlos, S.P. Inst. Geogr. e Geol. São Paulo - Boletim nº 43.
- 34 - MOHR, E.C.J. and F.A. vanBAREN - 1954 - Tropical Soils. Interscience, New York.
- 35 - MOLTHAN, H.D. and F.GRAY - 1963 - A characterization and genetic study of two modal Reddish Praire Soils - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:321-324.
- 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 - MONIZ, A.C. e A.CARVALHO - 1969 - Estudo mineralógico de solos derivados do Arenito Bauru e de rochas básicas da região de Celusa, S.P. - XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Curitiba, Paraná - Brasil.
- 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 - POST, F.D. and J.L.WHITE - 1967 - Clay mineralogy and mica-vermiculite layer charge density distribution in the switzerland soils of Indiana - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:419-424.
- 40 - QUEIROZ NETO, J. - 1969 - Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação - Tese de Doutorado. E.S.A."Luiz de Queiroz" - U.S.P. - Piracicaba.
- 41 - RANZANI, G, O.FREIRE e T.KINJO - 1966 - Cata de Solos do Município de Piracicaba - Centro de Estudo de Solos. E.S.A. "Luiz de Queiroz" - U.S.P. - Piracicaba.
- 42 - \_\_\_\_\_ - 1965 - Manual de Levantamento de Solos - Ed. Univer. de São Paulo.
- 43 - \_\_\_\_\_ - 1968 - Pequeno Guia para Levantamento de Solos 2ª Ed. - E.S.A."Luiz de Queiroz" - U.S.P. - Piracicaba.
- 44 - RICH, C.I. and S.S.OBENSHAIN - 1955 - Chemical and clay mineral properties of a Red-Yellow Podzolic Soil derived from muscovite schist - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:334-339.
- 45 - ROLFE, B.N and C.D.JEFFRIES - 1952 - A new criterion for weathering in soils. Pennsylvania State College - U.S. Geol. Surv. and Sch. Of Agr. Sci. Vol. 116-3022: 599-600.
- 46 - SOIL SURVEY STAFE 7th - SUPLEMENT TO SOIL CLASSIFICATION SISTEM - 1967 - Soil Conservation Service - U.S. Dep. of Agriculture.
- 47 - TAMURA. T., M.L.JACKSON and C.D. SHERMAN - 1955 - Mineral contende of a Latosolic Brown Soil and a Humic Ferruginous of Hawaii - Soil Sco. Soc. Amer. Proc. 19:435-439.
- 48 - VISCONTI, Y.S., B.N.F.NICOT, E.G.DE ANDRADE e A.C.VILANOVA - 1955 - Contribuição ao estudo dos caulins - Morfologia tubular de certos caulins brasileiros. - Rio de Janeiro - I.N.T.