

**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS
DERIVADOS DE ERUPTIVAS BÁSICAS DO
TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE**

VALMIQUI COSTA LIMA
Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal do Paraná

Orientador: -JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTÉ

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro de 1979

.i.

À

Jane e Wagner

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes pe
soas e instituições:

- Ao *Prof. Dr. J.L.I. Demattê*, pela orientação prestada.
- Ao *Dr. A.C. Moniz*, do IAC, sob cuja orientação (interrompida por motivo de viagem ao exterior) este trabalho foi iniciado.
- Aos engenheiros agrônomos *P.J. Fasolo* e *D.P. Hochmuller*, do SNLCS, pela colaboração na seleção, coleta e des
crição dos perfis de solos.
- Ao *Prof. Dr. Z.Z. Marcos*, pela constante atenção em discutir assuntos relativos ao trabalho e elabora
ção do texto em inglês.
- Ao *Dr. J.B. Oliveira* e geólogo *C.L. Rotta* pelas an
álises térmicas diferenciais.
- À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de aperfeiçoamento e concessão de bolsa de estudos.
- À Seção de Pedologia do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo pela cessão dos laboratórios e apar
elhos para análises.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Pau
lo, pelas facilidades oferecidas.

- Ao Programa de Educação Agrícola Superior - PEAS que possibilitou a montagem do laboratório, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, aonde a maior parte deste trabalho foi realizada.

- À *Jane*, minha esposa, pelo constante estímulo e dedicada ajuda em todas as etapas do presente trabalho.

Í N D I C E

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. RESUMO | 1 |
| 2. INTRODUÇÃO. | 4 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 6 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS. | 17 |
| 4.1. Geologia | 17 |
| 4.2. Clima e vegetação. | 24 |
| 4.3. Geomorfologia e material superficial | 31 |
| 4.4. Solos. | 34 |
| 5. MÉTODOS | 39 |
| 5.1. Granulometria. | 39 |
| 5.2. Determinações químicas | 39 |
| 5.3. Extração seletiva dos óxidos de Fe, Al e Mn.. | 41 |
| 5.4. Métodos mineralógicos. | 45 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 49 |
| 6.1. Características morfológicas | 49 |
| 6.2. Características granulométricas. | 57 |
| 6.3. Características químicas | 72 |
| 6.4. Óxidos de Fe, Al e Mn | 86 |
| 6.5. Análise química do ataque sulfúrico. | 102 |
| 6.6. Mineralogia da fração argila | 109 |
| 6.7. Mineralogia das frações silte e areia. | 123 |
| 6.8. Micromorfologia | 129 |
| 6.9. Classificação dos solos. | 135 |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 7. CONCLUSÕES | 139 |
| 8. SUMMARY | 143 |
| 9. LITERATURA CITADA | 146 |
| 10. APÊNDICE 1 - Descrições morfológicas. | 168 |
| 11. APÊNDICE 2 - Resultados analíticos de Fe, Al e Mn.. | 201 |
| 12. APÊNDICE 3 - Difractogramas de raios X | 220 |

LISTA DE QUADROS

| <u>Quadro</u> | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) médias mensais dos municípios de Bela Vista do Paraíso, Maringá e Medianeira. Período de 1960/1974 (HOLZMANN, 1977) | 26 |
| 2 - Localização e relação dos solos estudados .. | 35 |
| 3 - Composição granulométrica dos solos estudados. | 58 |
| 4 - Resultados químicos dos solos estudados. . . | 73 |
| 5 - Comparação entre as porcentagens de ferro extraídas pelos métodos de MEHRA e JACKSON (1960) e HOLMGREN (1967) | 89 |
| 6 - Resultados obtidos pela análise do ataque sulfúrico na TFSA, relações moleculares e relação Al_2O_3/TiO_2 | 103 |
| 7 - Composição mineralógica (%) estimativa da fração argila isenta de óxidos de ferro livres de alguns horizontes selecionados. | 111 |
| 8 - Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia fina de horizontes selecionados de alguns perfis das sequências de Bela Vista do Paraíso e Mandaguari | 128 |
| 9 - Classificação dos solos segundo o sistema americano de classificação (E.U.A., 1975). . . | 137 |
| 10 - Fe, Al e Mn extraídos por ditionito de sódio (d), oxalato de amônio (o), pirofosfato de sódio (p) e teores totais. | 202 |
| 11 - Relações entre as formas de ferro e relação argila/ Fe_d | 208 |
| 12 - Relações entre as formas de alumínio | 214 |

LISTA DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | | <u>Página</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1 | - Posição dos municípios onde localizam-se os solos estudados, geologia do terceiro planalto e regiões fisiográficas do Estado do Paraná (Adaptado de MAACK, 1968) | 18 |
| 2 | - Balanço hídrico anual da localidade de Bela Vista do Paraíso, segundo Thornthwaite e Mather (HOLZMANN, 1977) | 27 |
| 3 | - Balanço hídrico anual da localidade de Maringá, segundo Thornthwaite e Mather (HOLZMANN, 1977) | 28 |
| 4 | - Balanço hídrico anual da localidade de Medianeira, segundo Thornthwaite e Mather (HOLZMANN, 1977). | 29 |
| 5 | - Sequência de Bela Vista do Paraíso. A) Mapa da área mostrando as superfícies, rede de drenagem e localização dos perfis; B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo | 36 |
| 6 | - Sequência de Mandaguari. A) Mapa da área mostrando as superfícies, rede de drenagem e localização dos perfis; B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo. | 37 |
| 7 | - Sequência de Medianeira. A) Mapa da área mostrando as superfícies, rede de drenagem e localização dos perfis; B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo.. . . . | 38 |
| 8 | - Difratograma de raios X da fração argila do horizonte B ₂₃ do perfil 11 isenta de caulinita e óxidos de ferro amorfos | 55 |
| 9 | - Distinção relativa entre os horizontes de perfis da sequência de Bela Vista do Paraíso. | 56 |
| 10 | - Variação da granulometria entre os perfis estudados (Média de cada perfil) | 67 |

| <u>Figura</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 11 - Variação de algumas características químicas entre os perfis estudados (média de cada perfil) | 80 |
| 12 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 1 e 2 | 90 |
| 13 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 3 e 4 | 91 |
| 14 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 5 e 6 | 92 |
| 15 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 7 e 8. | 93 |
| 16 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 9 e 10 | 94 |
| 16a - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d no perfil 11.. | 95 |
| 17 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da seqüência de Bela Vista do Paraíso | 120 |
| 18 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da seqüência de Mandaguari | 121 |
| 19 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da seqüência de Medianeira | 122 |
| 20 - Difractogramas da fração silte de horizontes selecionados dos perfis 4 e 7. | 124 |

| <u>Figura</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 21 - Difratoograma da fração silte de horizontes selecionados dos perfis 2, 3 e 11 | 125 |
| 22 - Difratoograma da fração silte de horizontes selecionados dos perfis 2, 5, 8 e 10 | 127 |
| 23 - Difratoograma da fração areia fina do horizonte C do perfil 5 | 130 |
| 24 - Difratoograma da fração areia fina de horizontes selecionados dos perfis 6, 7 e 11 | 221 |
| 25 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 1 | 222 |
| 26 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 1 | 223 |
| 27 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 2 | 224 |
| 28 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{22t} do perfil 2 | 225 |
| 29 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 2 | 226 |
| 30 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 3 | 227 |
| 31 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{22t} do perfil 3 | 228 |
| 32 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{3/C} do perfil 3 | 229 |
| 33 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 4 | 230 |
| 34 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₂ do perfil 4 | 231 |
| 35 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₃ do perfil 4 | 232 |
| 36 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 5 | 233 |

| <u>Figura</u> | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 37 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 5 | 234 |
| 38 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 6 | 235 |
| 39 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{22t} do perfil 6 | 236 |
| 40 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 6 | 237 |
| 41 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 7 | 238 |
| 42 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{22t} do perfil 7 | 239 |
| 43 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 7. | 240 |
| 44 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 8 | 241 |
| 45 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₂ do perfil 8. | 242 |
| 46 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 9 | 243 |
| 47 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₂ do perfil 9. | 244 |
| 48 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 10. | 245 |
| 49 - Difratoograma da fração argila do horizonte B _{22t} do perfil 10. | 246 |
| 50 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₃ /C do perfil 10. | 247 |
| 51 - Difratoograma da fração argila do horizonte A _p do perfil 11. | 248 |

| <u>Figura</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 52 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₂ do perfil 11 | 249 |
| 53 - Difratoograma da fração argila do horizonte B ₂₃ do perfil 11 | 250 |

1. RESUMO

Estudaram-se três sequências de solos desenvolvidos sobre os derrames basálticos do terceiro planalto do Estado do Paraná. Os solos, que representam diversos estádios genéticos, foram caracterizados através de métodos morfológicos, químicos, granulométricos, mineralógicos e micromorfológicos. Os principais objetivos foram o estudo das características pedológicas e a sua evolução e as relações entre os solos e a posição que ocupam na paisagem.

Foram separadas três superfícies fisiográficas de diferentes idades relativas, as quais evidenciaram um relacionamento com os solos estudados. Nas superfícies antigas situam-se solos com B latossólico que foram classificados como Latossolos Roxos (Oxissois); nas superfícies recentes ocorrem solos rasos e solos com B textural com argila de alta atividade, identificados como Litólicos e Brunizens Avermelhados (Molissois); nas superfícies intermediárias desenvol

vem-se solos com B textural espesso e com argila de baixa atividade, que foram enquadrados nas classes das Terras Roxas Estruturadas (Alfissois).

As variações nas propriedades dos solos foram atribuídas às diferenças na intensidade dos processos de intemperismo e lixiviação. A capacidade de troca catiônica índice k_i , saturação e soma de bases decresceram no sentido das superfícies mais antigas.

A fração argila dos solos mais evoluídos caracterizou-se pela predominância de caulinita e presença de gibbsita e vermiculita-cloritizada. Os solos das superfícies mais recentes mostraram predominância de caulinita e montmorilonita. A variação qualitativa e quantitativa na mineralogia da fração argila, foi considerada como evidencia dos diferentes estádios de alteração que se encontram os solos.

A fração areia apresenta predominância de magnetita e concreções hematíticas e os feldspatos estão presentes em pequenas quantidades apenas nos solos mais jovens. A presença de grande quantidade de quartzo rolado nos solos de uma das sequências estudadas, foi considerada como contribuição do arenito Caiuá. Nas demais a presença esporádica de quartzo, com formas não arredondadas, foi atribuída como herdada da própria rocha na qual é um produto de silicificação secundária.

Os óxidos pedogenéticos de Fe, Al e Mn mostraram uma maior cristalização com o desenvolvimento dos solos.

A variação nas características micromorfológicas foi evidenciada principalmente com relação aos cutans iluviais e ao tipo de estrutura plasmática.

A ausência e o tipo de horizonte de subsuperfície possibilitaram o estabelecimento da seguinte sequência no sentido das superfícies mais antigas: solos sem horizonte B → solos com B textural pouco espesso → solos com B textural espesso → solos com B latossólico.

2. INTRODUÇÃO

O terceiro planalto paranaense destaca-se por compreender extensas áreas que oferecem excelentes condições para o exercício da agricultura. A grande adequação dessas regiões para as atividades agrícolas é principalmente uma consequência da qualidade de seus solos originados a partir dos espessos derrames basálticos. Nesse planalto, os estudos pedológicos são poucos e de caráter generalizado, o que não condiz com a importância que os seus solos representam na produção agrícola do Estado do Paraná.

O solo ainda vai se constituir por um longo período de tempo no meio mais viável e econômico de se produzir alimentos. É portanto, não só necessário como de certa forma vital, aumentar o conhecimento dos mesmos para possibilitar a manutenção e melhoria de sua capacidade produtiva. Esta questão assume maior importância no caso dos solos tropicais, cujas propriedades e comportamento ainda precisam muitos estudos.

Nó presente trabalho foram selecionadas sequên-
cias de solos derivados de rochas básicas objetivando-se o es-
tudo de suas características pedológicas e a sua evolução e o
relacionamento dos solos com a paisagem.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no Brasil

O estudo dos solos derivados de rochas básicas no Brasil iniciou com os trabalhos pioneiros de *PAIVA NETO (1942)*, *GUTMANS (1943)* e *PAIVA NETO et alii (1948, 1951)*. Com a realização do levantamento dos solos do Estado de São Paulo (*BRASIL, 1960*) esses solos foram classificados segundo os conceitos pedológicos modernos.

Ocorrência

As áreas mais expressivas são encontradas nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e o material de origem é representado principalmente pelos espessos derrames de lavas basálticas da Bacia do Paraná.

Em São Paulo esses solos ocupam uma área de 38.000 km². No Paraná a área ocupada é de aproximadamente 100.000 km²; em Santa Catarina foi estimada em 49.000 km² (*SANTA CATARINA, 1973*); e no Rio Grande do Sul em 170.000 km² (*BRASIL, 1973*). Além dessas regiões, os solos derivados de rochas básicas ocorrem também, em menor escala, nos Estados de Mato Grosso, Goiás e Amazonas (*BRASIL, 1973 b,c; 1975 a*).

Características e classificação

Em São Paulo foram constatadas três principais classes de solos desenvolvidos a partir de rochas eruptivas básicas que foram classificadas como Latossol Roxo, Terra Roxa Estruturada e Litossol substrato basaltito (*BRASIL, 1960*). A separação entre os dois primeiros solos foi feita com base principalmente no tipo de horizonte de subsuperfície. O Latossol Roxo foi considerado como possuidor de horizonte B latossólico e a Terra Roxa Estruturada como tendo horizonte B textural. Essas duas unidades possuem uma saturação em bases muito variável.

Além dos solos anteriormente mencionados, ocorrem no Paraná outras unidades como Brunizem Avermelhado, Terra Roxa Estruturada Latossólica, Cambisol, Latossol Bruno e

Terra Bruna Estruturada (*BRASIL, 1970, 1971, 1972, 1975*). O Cambisol é um solo raso com horizonte B câmbico e o Brunizem Avermelhado tem horizonte B textural. Ocorrem em associações com solos Litólicos em relevo forte ondulado e todos tem horizonte A chernozêmico e alta saturação em bases. O Latossol Bruno e a Terra Bruna Estruturada tem saturação em bases variável e são, provavelmente, equivalentes subtropicais do Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada, dos quais diferenciam-se aparentemente apenas pela coloração. A Terra Roxa Estruturada Latossólica possui características intermediárias entre o Latossol Roxo e a Terra Roxa Estruturada.

Os solos derivados de basalto com B latossólico no Rio Grande do Sul são (*BRASIL, 1973*): Latossol Roxo, Latossol Húmico e Latossol Bruno, sendo o primeiro distrófico e os dois últimos álicos. Entre os representantes com B textural são encontrados o Brunizem Avermelhado, Laterítico Bruno Avermelhado (CTC alta ou baixa) e Podzólico Vermelho-Amarelo. Também ocorrem o Cambisol Húmico (CTC baixa), Litólicos (CTC alta ou baixa) e Vertisol.

Em Santa Catarina, além da maioria dos solos mapeados no Estado riograndense, foram constatados também o Laterítico Húmico, Laterítico Vermelho-Amarelo e Litólicos Húmicos, todos apresentando caráter distrófico ou álico (*SANTA CATARINA, 1973*).

Nos demais Estados de Mato Grosso, Goiás e Amazonas ocorrem principalmente o Latossol Roxo, Brunizem Avermelhado, Terra Roxa Estruturada, Vertisol e Litólicos (BRASIL; 1973 b,c; 1975 a).

Estudos mineralógicos

Os solos derivados de rochas básicas são, provavelmente, aqueles que contam com maior número de estudos mineralógicos no Brasil (PAIVA NETO, 1942; MONIZ e JACKSON, 1967; CARVALHO e MONTGOMERY, 1971; MOURA FILHO e BUOL, 1972; ESCOBAR et alii, 1972; MONIZ e CARVALHO, 1973; MONIZ e OLIVEIRA, 1974; ROTTA et alii, 1974; ANDRADE et alii, 1974; ALOISI et alii, 1976; ANDRADE et alii, 1976; SANTANA e MOURA FILHO 1978; KAMPF e KLANT, 1978). Dentre esses solos tem sido investigados principalmente o Latossol Roxo e a Terra Roxa Estruturada. Segundo MONIZ e OLIVEIRA (1974) os estudos até agora conduzidos permitem considerar que o Latossol Roxo encontra-se em um estágio de meteorização superior à Terra Roxa Estruturada. O primeiro apresenta teores de gibbsita que podem alcançar até 50%, enquanto que o segundo possui teores inferiores a 10%. A sequência de intemperismo encontrada para esses solos (MONIZ e JACKSON, 1967) é a seguinte: rocha básica → mica → caulinita e alofana → gibbsita.

À fração areia tem sido sistematicamente analisada nos levantamentos de solos procedidos pelo atual Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos a qual revela uma variedade muito grande de minerais, destacando-se magnetita, ilmenita, concreções de natureza diversa e quartzo. A proporção e natureza dos minerais encontrados depende muito do estado de evolução do solo analisado.

Evolução das propriedades pedológicas e relações solo-paisagem

De acordo com *SIMONSON (1959)*, no desenvolvimento do solo estão envolvidos processos como ganhos, perdas, transformações e redistribuições de constituintes orgânicos e inorgânicos. As mudanças provocadas por esses fatores são refletidas nas propriedades químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas. O estudo das propriedades pedológicas levará, certamente, a um melhor entendimento da maneira como os solos se desenvolvem. Com essa finalidade tem sido investigados perfis de um único solo (*McCALEB, 1959; THORP et alii, 1959*) ou de solos dispostos em sequências tais como catenas (*NYE, 1954*), toposequências (*DEMATTE e HOLOWAYCHUK, 1977*), cronossequências (*DICKSON e CROCKER, 1954*), crono-toposequências (*ADAMS et alii, 1975*) e climossequências (*CORTES e FRANZ-*

MEIER, 1972).

No esclarecimento de muitos aspectos de gênese e evolução dos solos os estudos geomorfológicos tem prestado valiosa contribuição conforme demonstram as pesquisas de RHUE (1956), PARSONS *et alii* (1970), GAMBLE *et alii* (1970), PARSONS e HERRIMAN (1976), LEPSCH *et alii* (1977), AZOLIN *et alii* (1976) e RODRIGUES e KLAMT (1978).

Em trabalho que pode ser considerado clássico RHUE (1956) constatou mudanças significativas nas propriedades de solos que apresentavam idades distintas. Dos solos mais jovens para os mais antigos observou aumento da espessura do "solum", assim como maior teor de argila e espessura do horizonte B. Essas diferenças foram justificadas como função do tempo ou duração do intemperismo.

VAN WAMBEKE (1962) considera a relação silte/argila como indicadora do desenvolvimento do solo, demonstrando a tendência dessa relação em diminuir nos solos mais alterados. Admite, também, que o fraco grau de expressão da estrutura do solo pode ser uma indicação de materiais altamente intemperizados.

Franzmeir et alii, citados por STEVENS e WALKER (1970) verificaram que com o desenvolvimento do solo a areia intemperizou-se para diâmetros menores e ilita e cloritransformaram-se para vermiculita e caulinita.

As pesquisas mineralógicas tem demonstrado, também, que a composição da fração argila dos solos derivados de rochas básicas é variável. Em Ribeirão Preto, SP, os teores de gibbsita do Latossol Roxo chegam até 50% e na Terra Roxa Estruturada até 8% (MONIZ e JACKSON, 1967). No noroeste de São Paulo não foi constatada gibbsita em Terra Roxa Estruturada (MONIZ e CARVALHO, 1973). Na região de Piracicaba foi verificada a ocorrência de baixos teores de gibbsita em Latossol Roxo (ESCOBAR et alii, 1972; ANDRADE et alii, 1974). Na região de São Pedro, SP, foi constatado Latossol Roxo com 54% de gibbsita (DEMATTE e HOLOWAYCHUK, 1977).

Estudos conduzidos na região fisiográfica de Campo Grande, MT (ANDRADE et alii, 1976) mostraram a predominância absoluta de caulinita e alofana em Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada. A gibbsita, com baixos teores, foi constatada apenas no primeiro solo.

No Rio Grande do Sul KAMPE e KLANT (1978) e FARIAS et alii (1974), pesquisando Latossolos, Podzólicos e Litólicos, encontraram gibbsita apenas nos primeiros solos, sendo a caulinita o mineral dominante. De acordo com GOEDERT et alii (1976) a ausência ou baixa quantidade de gibbsita presente nos solos do Rio Grande do Sul é devida a presença de quartzo que, mantendo teores suficientemente altos de sílica em solução, impede a dessilificação da caulinita e a consequente formação de gibbsita.

Os resultados obtidos por *BREWER e WALKER (1969)* em solos desenvolvidos sobre terraços aluviais indicaram intemperismo crescente com a idade dos solos que passaram de ilíticos para cauliníticos. No mesmo sentido verificaram aumento das frações mais finas e um progressivo desenvolvimento de horizonte iluvial.

PARSONS et alii (1970) verificaram que os solos situados nas superfícies geomórficas recentes apresentavam apenas horizonte A. Constataram, ainda, que a saturação em bases e o carbono evidenciaram um decréscimo com a idade do solo. Observaram, também, que os solos situados numa mesma superfície podem não apresentarem o mesmo desenvolvimento, visto que alguns podem formar-se em pedisedimentos recentes enquanto que os outros situam-se em áreas mais estáveis.

GILE (1970) verificou relacionamento entre idade e desenvolvimento do solo o que foi refletido em um aumento de acúmulo de carbonatos, maiores teores de argila no horizonte B e a ocorrência de um "solum" mais espesso.

ALEXANDER (1974) investigando solos situados em terraços dispostos em idade crescente constatou um aumento inicial da relação Fe_o/Fe_d seguido de um decréscimo no sentido dos solos mais velhos. Justificou estes resultados argumentando que nos estágios iniciais da pedogênese, a liberação do ferro da estrutura dos minerais primários excede a sua

velocidade de cristalização o que se reflete em um aumento na referida relação. Considera, no entanto, que com o aumento da idade do solo ocorre um conseqüente decréscimo da relação Fe_o/Fe_d .

Um estudo de uma catena de solos desenvolvidos de basalto (*GUNN, 1974*) evidenciou uma mudança na mineralogia da fração argila que passou de caulinitica para montmorilonítica no sentido dos solos mais jovens. A capacidade de troca catiônica, cátions básicos e pH acompanharam esta mudança e se elevaram no mesmo sentido.

ADAMS et alii (1975), estudando uma seqüência de solos na Nova Zelândia, concluíram que as variações ocorridas foram devidas a um crescente desenvolvimento dos solos. Verificaram um aumento inicial de Fe e Al que decresceram com a evolução dos solos. A capacidade de troca catiônica, saturação e soma de bases não evidenciaram tendências definidas.

PARSONS e HERRIMAN (1976) constataram que as propriedades do solo podem não estar diretamente relacionadas com a idade da superfície podendo ser consideravelmente mais novas. Verificaram, ainda, que a acumulação da matéria orgânica precede aparentemente a formação do horizonte argílico por um tempo relativamente longo.

MARTINI (1976), pesquisando solos derivados de cinzas vulcânicas, verificou uma variação marcante nas caracte

rísticas pedológicas com o desenvolvimento dos solos. Os resultados obtidos indicaram que, com o aumento da idade do solo, a cor foi ficando mais avermelhada e a textura mais argilosa. Ocorreu variação na estrutura e a consistência passou de friável para firme. Nos solos jovens foram constatados cutans orgânicos enquanto que os mais desenvolvidos já apresentavam "clay skins". A transição entre os horizontes modificou-se de abrupta para gradual. Ocorreu um aumento na densidade real e um decréscimo nos teores de carbono e alofanas. A capacidade de troca catiônica apresentou uma elevação inicial para depois diminuir. O aumento inicial da CTC foi explicado como devido a um aumento na quantidade de alofanas. O decréscimo posterior, nos solos mais desenvolvidos que apresentavam maior porcentagem de argila, foi considerado como resultado da diminuição de alofana e matéria orgânica, assim como pela presença predominante de caulinita e sexquióxidos. Verificou, ainda, que o horizonte argílico nem sempre é formado devido à rápida transformação da alofana em sexquióxidos que, contendo pouca argila em condições de dispersar em água, não favorecem o processo de iluviação.

LEPSCH et alii (1977 a,b) estudaram as relações entre os solos e a paisagem em Echaporã, no planalto ocidental de São Paulo, e constataram que as superfícies elevadas e estáveis eram ocupadas por Oxissols e as superfícies erosionais jovens por Ultissols, Alfissols, Inceptissols e Mollis

sols. Verificaram que a CTC estava diretamente relacionada com o estágio de intemperismo dos solos. Não encontraram relação direta entre idade do solo e características como saturação em bases, carbono e argila iluviada.

AHMAD et alii (1977), investigando uma sequência de solos no Paquistão, constataram mudanças nos parâmetros usualmente considerados como indicadores de desenvolvimento do solo. Os solos considerados mais velhos apresentaram maior diferenciação de horizontes e aumento na espessura do "solum". A cor e a consistência não se alteraram. Os teores de argila aumentaram em profundidade e com a idade do solo. A argila iluviada também foi mais abundante nos solos mais antigos. O carbono não apresentou comportamento definido o que foi considerado como decorrência do cultivo e clima. A capacidade de troca catiônica aumentou com a idade do solo devido a uma elevação nos teores de vermiculita e montmorilonita. Algumas variações observadas foram atribuídas a diferença no material de origem. O aumento no grau de diferenciação dos horizontes, espessura do solo, desenvolvimento da estrutura e cutans, assim como a presença de concreções calcáreas em profundidade, foram atribuídos a ação dos processos pedogenéticos durante o desenvolvimento dos solos.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

Neste capítulo serão abordados, de uma forma generalizada, alguns aspectos sobre a geologia, clima, vegetação, geomorfologia e solos das áreas onde localizam-se as sequências estudadas.

4.1. Geologia

O terceiro planalto paranaense possui uma geologia relativamente simples. É constituída predominantemente pelos lençóis de eruptivas básicas e pelo arenito Caiuá, que se encontra na porção noroeste do Estado (Figura 1).

Este planalto faz parte dos derrames basálticos da Bacia do Paranã, cuja superfície é estimada em 1.200.000 km², compreendendo grandes extensões do sul do Brasil e partes da Argentina, Paraguai e Uruguai.

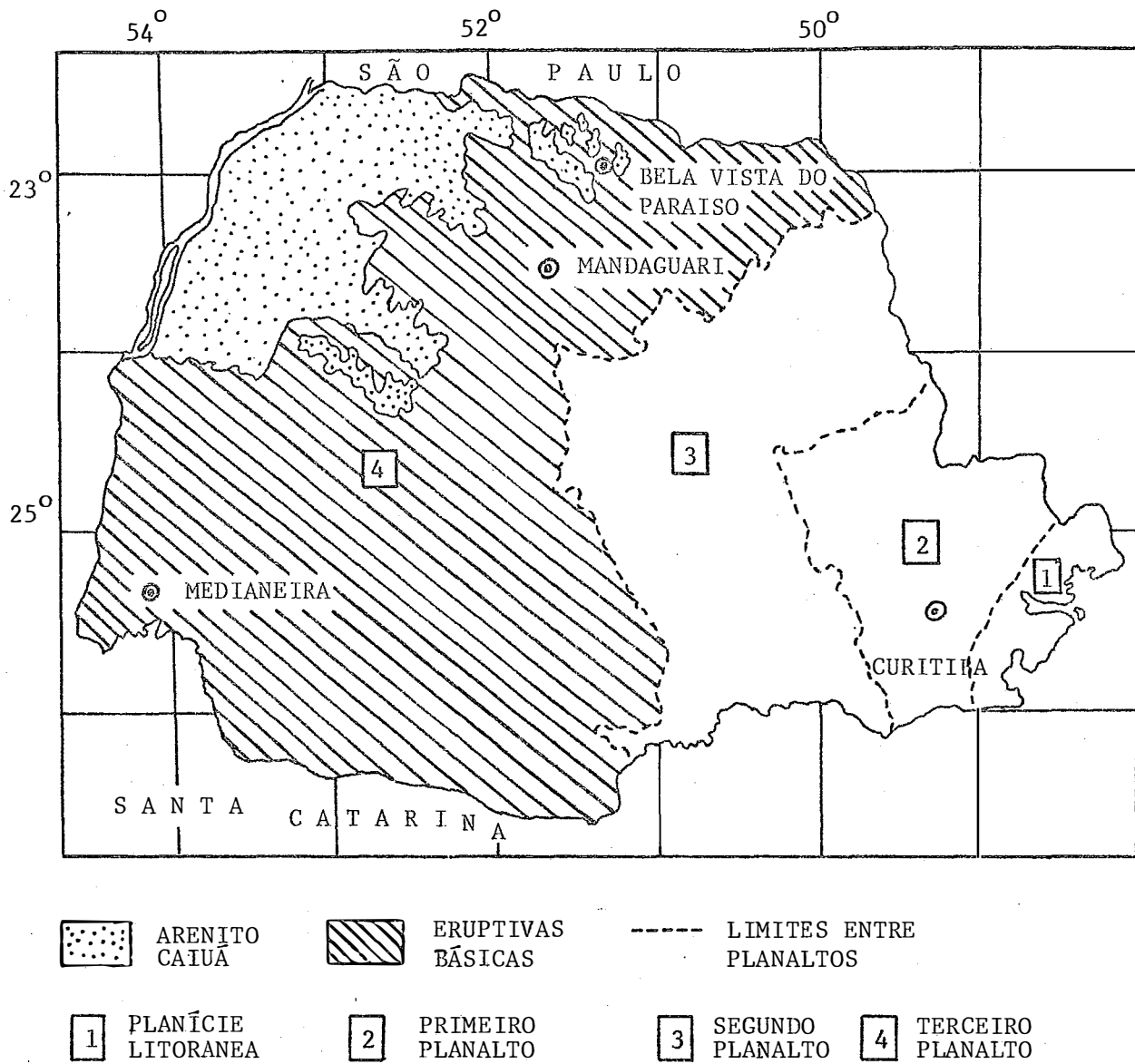


Fig. 1 - Posição dos municípios onde localizam-se os solos estudados, geologia do terceiro planalto e regiões fisiográficas do Estado do Paraná (Adaptado de MAACK, 1968).

As rochas basálticas desta Bacia tem sua formação ligada às atividades vulcânicas ocorridas na Era Mesozóica, num processo que se estendeu por dez milhões de anos. Estudos geocronológicos (*CORDANI e VANDOROS, 1971*) atribuem a essas rochas a idade de 130 milhões de anos.

O extravasamento do material magmático do interior da crosta terrestre deu formação a derrames sucessivos de lavas que podem atingir centenas de metros de espessura. Essas manifestações não eram contínuas no tempo e no espaço. As pausas, possivelmente de milhares de anos, entre cada derrame de lavas, permitiram a intercalação de arenito eólico. Em algumas localidades o arenito intertrapp atinge espessuras de até 160 metros (*ALMEIDA, 1956*).

De acordo com *LEINZ et alii (1966)*, a espessura dos derrames basálticos é variável. As espessuras máximas observadas localizam-se no interior da Bacia do Paraná, atingindo quase 1.800 metros em seu conjunto. No terceiro plano do Paraná constataram-se espessuras superiores de 1.000 metros (*MAACK, 1968*). Nas bordas da Bacia as espessuras tendem a diminuir. Individualmente os derrames de lavas podem apresentar espessuras que variam desde 25 até 100 metros.

Os derrames basálticos formam um conjunto de derrames cujo número é estimado em oito, conforme observaram *LEINZ et alii (1966)*. Já *SARTORI et alii (1975)* constataram

a presença de apenas quatro derrames na região de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

A composição dos derrames tem sido objeto de estudo por inúmeros autores. *LEINZ et alii (1966)*, utilizando-se de propriedades como densidade, teor e índice de refração dos vidros, constataram diferenças na composição entre derrames. Verificaram a ocorrência de lavas com composição fortemente basáltica em Santa Catarina e uma composição ácida para um perfil examinado no Rio Grande do Sul. Constataram, ainda, a tendência das lavas com altas densidades ocuparem posições estratigráficas mais baixas que aquelas de menor densidade. O teor em vidro variou de 10 a 30% para as lavas que ocupam posições inferiores e atingindo valores de até 70% para as lavas das posições mais elevadas.

Estudando petrograficamente as rochas basálticas no trecho Fôz do Iguaçu-Serra da Esperança, no Paraná, *SCHNEIDER (1970)* constatou a predominância de minerais primários como plagioclásios e piroxênios. Os plagioclásios com teores entre 40 e 55%, predominando a anortita. Os piroxênios, predominantemente augíticos e apresentando cloritização generalizada, revelaram teores variáveis entre 5 e 40%. O teor em magnetita variou entre 1 e 3%. A apatita apresentou teores muito reduzidos. Os argilo-minerais montmorilonita, caulinita e illita aparecem substituindo os plagioclásios, com teores entre 3% em volume, nas rochas menos alteradas, até em 20%

em amostras com alteração mais pronunciada. Minerais cloríticos aparecem substituindo piroxênios e plagioclásios. Os óxidos e hidróxidos de ferro amarelo-avermelhados ocorrem com frequência, formando-se às custas dos minerais ferromagnesianos. O quartzo primário foi constatado somente em algumas amostras com teores da ordem de 1%. Em outras amostras o quartzo aparece como produto de silicificação secundária. A presença de zeólitas nas amigdalas foi observada com frequência.

Na região de Santa Maria, RS, a mineralogia das rochas basálticas foi estudada por *SARTORI et alii* (1975). Esses autores verificaram a presença de plagioclásios, piroxênios e magnetita como constituintes essenciais. Além desses minerais, foi constatada a ocorrência de vidro, quartzo e produtos de alteração. Foi notado, ainda, que os derrames sobrepostos, em número de quatro, eram caracterizados por diferenças na composição mineralógica. O primeiro derrame apresentando predominância de plagioclásio sobre o piroxênio; o segundo com teores mais próximos entre esses dois minerais e pequena quantidade de magnetita; no terceiro derrame, o plagioclásio predomina, porém a quantidade de piroxênio é maior do que aquela existente no primeiro derrame, sendo que a magnetita difere apenas ligeiramente. Finalmente, o quarto derrame apresenta uma quantidade muito pequena de piroxênio e teores variados de plagioclásio e magnetita. Neste último derrame, a sua natureza leva a admitir a efusão de um magma extremamente áci

do nessa porção da Bacia do Paraná.

Conforme *LEINZ (1949)* e *GUIDICINI e CAMPOS (1968)*, cada derrame apresenta alternâncias texturais e estruturais delineando zonas bem definidas, permitindo dividi-los em três porções distintas: topo, base e faixa central. Os dois horizontes externos possuem diaclasamento predominante horizontal e o interno diaclasamento vertical.

Ainda de acordo com esses autores, o topo e a base dos derrames são caracterizados pela presença de basalto vesicular e/ou amigdaloidal. Estas duas porções do derrame tem como constituintes mineralógicos principais feldspato plagioclásio (labradorita), piroxênio (augita), magnetita, ilmenita e matéria vítrea em quantidades variáveis. A olivina raramente está presente. Normalmente a rocha apresenta-se mais alterada para limonita ou nontronita. A principal característica macroscópica das rochas do topo e da base dos derrames é a presença em grande número de cavidades vazias (vesículas) ou preenchidas (amigdalas) por minerais secundários como calcedonea, calcita, quartzo, zeólitas, nontronita e outros. No topo dos derrames pode-se, ainda, distinguir dois horizontes superpostos: um inferior com grandes amigdalas e outro superior com cavidades bem pequenas. Foi observado, também, que, em derrames de pequena espessura, o horizonte das grandes amigdalas pode estar ausente.

Os citados autores esclarecem, ainda, que as zonas vesiculares observadas comumente na superfície e base dos derrames foram originadas pela desgasificação. Devido ao rápido resfriamento dessas faixas os gases ficaram impossibilitados de escapar, dando formação às vesículas.

A espessura da zona vesicular é muito variável, conforme constataram vários autores, estando relacionada com a espessura do derrame e pode alcançar espessuras de até 20 metros (*LEINZ et alii, 1966*). Em derrames pouco espessos toda a seção pode ser constituída por basalto vesicular. Em condições normais, limita-se à terça ou quarta parte dos derrames.

A faixa central dos derrames é caracterizada por um basalto compacto, com coloração variável entre cinza a preto. Mineralogicamente sua constituição é a mesma das porções de topo e base, porém com menor incidência de matéria vítrea. Em derrames muito espessos pode ocupar cerca de dois terços da espessura total. Geralmente as rochas desta parte do derrame são holo e microcristalinas. O diaclasamento predominantemente vertical confere a esta porção do derrame um aspecto pseudo-colunar que é mais evidente nos derrames mais espessos (*LEINZ, 1949; GUIDICINI e CAMPOS, 1968*).

Incluídos nos derrames de lavas, ocorrem cinco a sete intercalações de arenito eólico Botucatú. No terceiro planalto do Paraná, este arenito aflora nos vales de Al-

guns rios e nas bordas da Serra da Esperança (MAACK, 1968).

No nordeste e parte do oeste do Paraná as eruptivas básicas estão cobertas pelo arenito Caiuá, documentando um clima árido durante a era Mesosóica. Nestas regiões pode apresentar espessuras de até 350 metros (MAACK, 1947, 1968).

De acordo com SCORZA (1952), a textura do arenito Caiuá é caracterizada por apresentar formas mais ou menos arredondadas dos grãos de quartzo, bem como pelo seu tamanho que não ultrapassa 0,8 mm de comprimento. Na sua composição mineralógica figuram os seguintes elementos: quartzo, microlina, ácido de ferro, calcedônia, argila e, muito escassamente, moscovita, zirconita, turmalina e plagioclásio. O quartzo predomina largamente sobre os demais elementos.

4.2. Clima e vegetação

O clima das áreas em estudo enquadra-se no tipo climático Cfa, segundo o sistema de Koeppen. É um clima sub-tropical, úmido, mesotérmico e sem estação seca. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C.

Os valores médios de temperatura do ar e preci

pitação mensais constam do Quadro 1. Devido a inexistência de dados para o município de Mandaguari, são apresentados os dados de Maringá, próximo ao mesmo.

Os balanços hídricos estão representados nas Figuras 2, 3 e 4 e foram confeccionados segundo o método de *THORNTHAITE e MATHER (1955)*, para 125 mm de retenção de água no solo (*HOLZMAN, 1977*).

Dos dados apresentados nota-se que ocorre uma tendência no sentido das precipitações e temperaturas decrescem no sentido norte-sul. Em alguns anos, no município de Bela Vista do Paraíso, pode ocorrer estiagem no inverno.

Os balanços hídricos revelam que apenas a localidade de Bela Vista do Paraíso apresenta uma deficiência hídrica de 12 mm. Os municípios de Maringá e Medianeira apresentam excedentes hídricos da ordem de 575 e 1.982 mm, respectivamente.

Essas regiões estão sujeitas ocasionalmente a geadas de intensidades variáveis.

A presença de arenito Caiuá e lateritas no terceiro planalto paranaense são, de acordo com *MAACK (1947)* e *SCHNEIDER (1970)*, testemunhos da vigência em épocas passadas de um clima diferente do atual.

Quadro 1 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C), médias mensais dos municípios de Bela Vista do Paraíso, Maringá e Medianeira. Período de 1960/1974. (HOLZMANN, 1977).

| Meses | Bela Vista do Paraíso | | Maringá | | Medianeira | |
|-----------|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Tempera- tura | Precipi- tação | Tempera- tura | Precipi- tação | Tempera- tura | Precipi- tação |
| Janeiro | 23,4 | 223 | 23,7 | 203 | 23,7 | 208 |
| Fevereiro | 23,4 | 274 | 23,8 | 175 | 23,6 | 207 |
| Março | 22,5 | 109 | 22,7 | 152 | 22,3 | 209 |
| Abril | 20,6 | 54 | 20,7 | 110 | 19,3 | 194 |
| Maior | 17,9 | 73 | 17,7 | 127 | 16,0 | 130 |
| Junho | 16,6 | 47 | 16,4 | 107 | 14,6 | 123 |
| Julho | 16,8 | 62 | 16,6 | 69 | 14,4 | 124 |
| Agosto | 18,6 | 31 | 18,4 | 58 | 16,1 | 115 |
| Setembro | 20,2 | 43 | 19,9 | 91 | 17,7 | 151 |
| Outubro | 21,2 | 152 | 21,1 | 214 | 19,9 | 243 |
| Novembro | 22,3 | 125 | 22,5 | 141 | 21,5 | 131 |
| Dezembro | 22,7 | 164 | 23,0 | 166 | 23,0 | 217 |
| Ano | 20,5 | 1.357 | 20,5 | 1.613 | 19,3 | 2.052 |

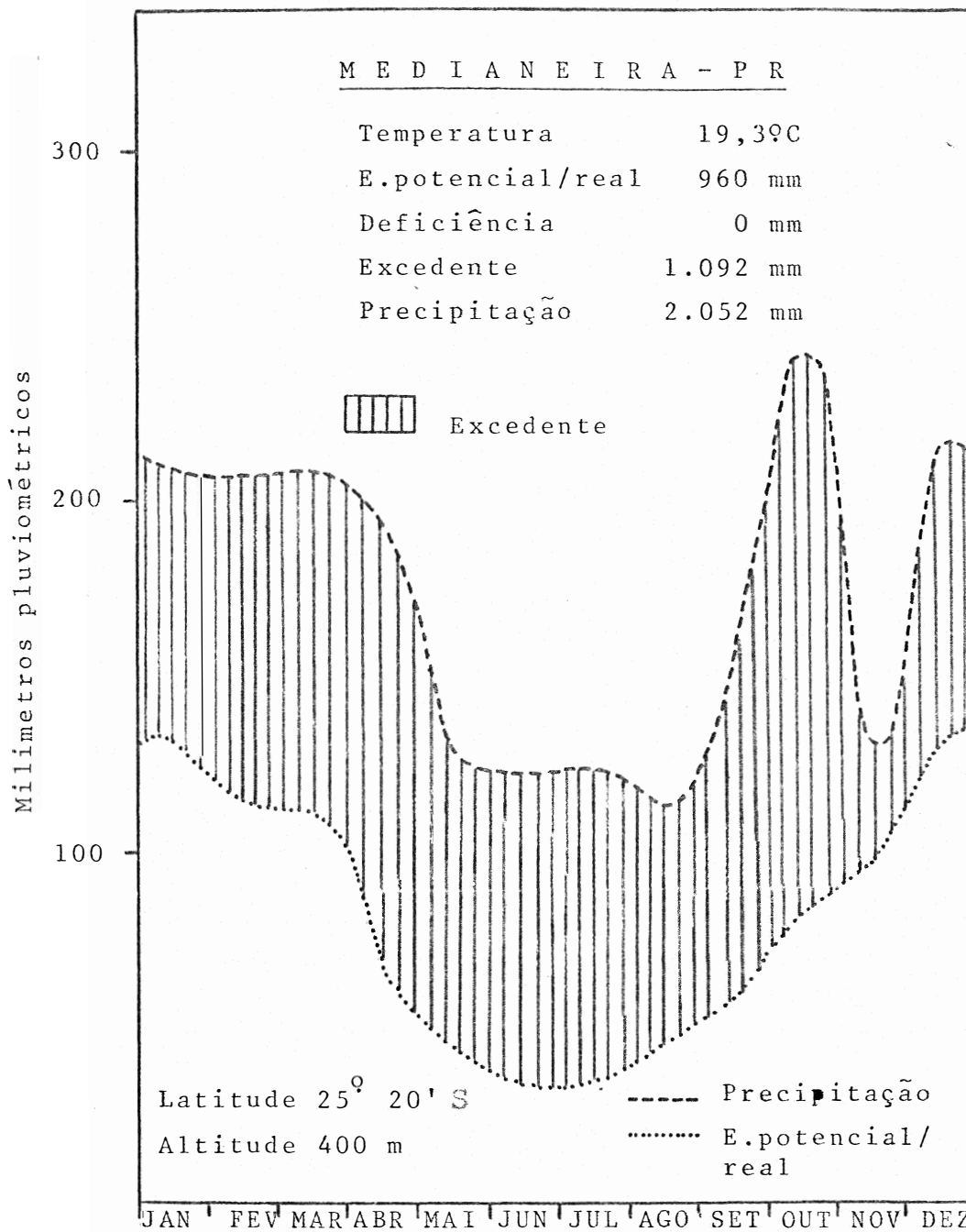


Figura 2 - Balanço hídrico anual da localidade de Medianeira, segundo Thornthwaite e Mather, (HOLZMANN, 1977).

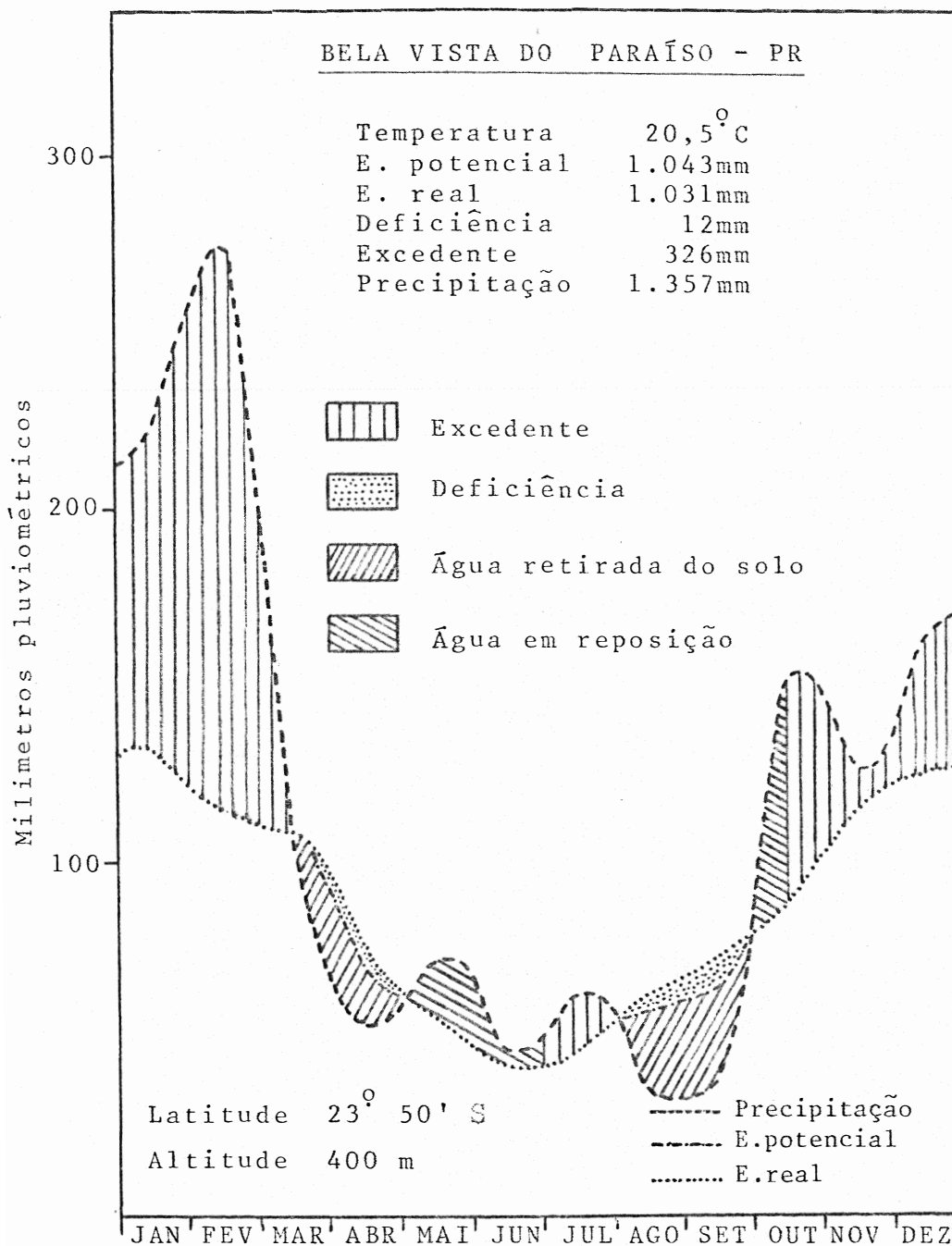


Figura 3 - Balanço hídrico anual da localidade de Bela Vista do Paraíso, segundo Thornthwaite e Mather, (HOLZMANN, 1977).

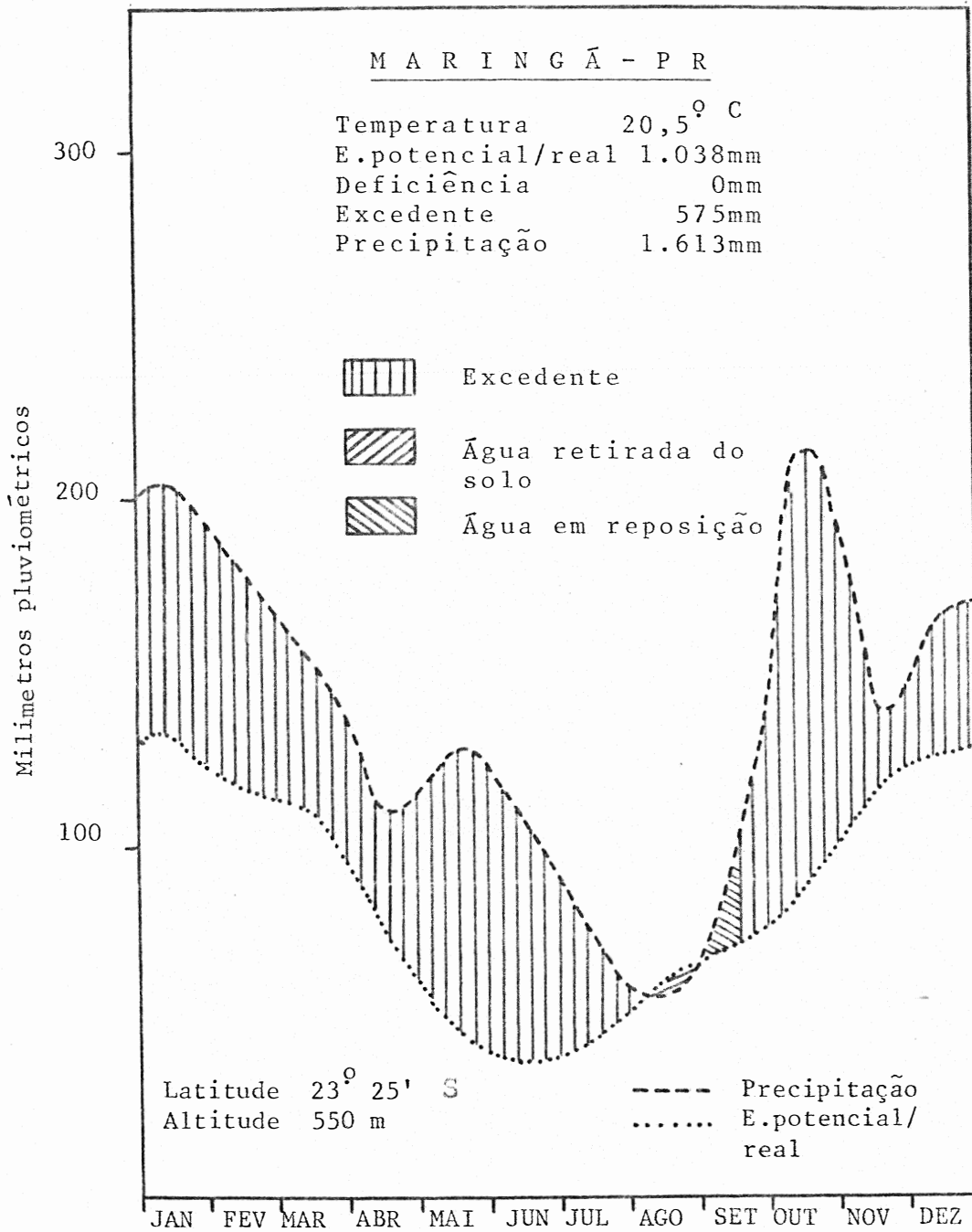


Figura 4 - Balanço hídrico anual da localidade de Maringá segundo Thorntwaite e Mather (HOLZMANN, 1977).

Às características pedoclimáticas dos solos estudados podem ser estimadas tomando-se como base os critérios estabelecidos pela classificação americana (*E.U.A., 1975*), o balanço hídrico de Thornthaitte e Mather e os dados de temperatura média do ar. O regime de umidade dos solos da sequência de Bela Vista do Paraíso pode ser classificado como údico, visto que não ocorre deficiência hídrica por mais de três meses. Nos solos das sequências de Mandaguari e Medianeira identifica-se um regime perúdicó, pois verificam-se excedentes hídricos em todos os meses do ano. Para o Estado de São Paulo dados preliminares indicam uma diferença de 2,9°C entre a temperatura média anual do ar e a temperatura média anual do solo (*OLIVEIRA et alii, 1975*). Baseando-se nessa estimativa, o regime de temperatura pode ser classificado como hipertérmico.

A vegetação natural no terceiro planalto do Paraná foi quase totalmente dizimada devido à expansão da agropecuária, encontrando-se atualmente apenas algumas manchas remanescentes. A preservação da mata virgem deu-se principalmente nas áreas onde as condições de relevo mais acidentado dificultavam a instalação de lavouras.

A mata primitiva ainda restante é representada por florestas tropicais perenifólias, subperenifólicas e subcaducifólias (*BRASIL, 1970, 1971, 1972*).

Os representantes das florestas perenifólias

ocorrem nas áreas onde os solos são mais profundos e com boa retenção de água e a sua falta não excede mais de 15 dias. Esses solos são principalmente o Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada, cujos horizontes superficiais possuem altos teores de matéria orgânica e nitrogênio.

A floresta subperenifólia ocorre em quase todos os tipos de solos nas regiões onde a precipitação é menos elevada.

A floresta tropical subcaducifólia é povoada por indivíduos menos desenvolvidos, ocupando predominantemente os solos pouco profundos em regiões menos favorecidas por chuvas.

4.3. Geomorfologia e material superficial

O terceiro planalto do Estado do Paraná limita-se a oeste pelo rio Paraná e a leste pela serra da Boa Esperança. Possui uma inclinação nitidamente para oeste. As altitudes variam entre 1.200 e 200 metros (MAACK, 1968).

A morfologia da paisagem deste planalto é determinada pelas formas de mesetas recortadas do nível geral dos derrames basálticos e pelas formas levemente onduladas com chapadas de encostas suaves. A escultura da topografia do ter

ceiro planalto está estreitamente subordinada aos níveis das rochas eruptivas básicas. Os derrames de lavas formaram plataformas estruturais que regulam a progressão da erosão (*BIGARELLA, 1954*).

As áreas estudadas possuem relevos bastante distintos variando desde plano a montanhoso, refletindo sobremaneira na população de solos existentes.

Nas toposequências selecionadas podem ser distinguidas três superfícies fisiográficas que se destacam nitidamente entre si: a) as terras altas, em um relevo suavizado, b) uma superfície intermediária com um relevo mais movimentado e c) as zonas altamente dissecadas e instáveis.

As terras altas correspondem às superfícies preservadas e mais antigas da região. Ocorrem em um relevo praticamente plano a suave ondulado que lhes confere uma grande estabilidade frente aos agentes erosivos. São áreas com baixa densidade de drenagem constituídas por um espesso manto de intemperismo de coloração avermelhada e de natureza argilosa. Essas condições propiciam a ocorrência de solos profundos e com homogeneidade vertical. São as áreas de domínio dos latossolos Roxos. De acordo com *MAACK (1968)*, a idade dessas superfícies deve provavelmente corresponder ao final do Terciário e início do Quaternário. No presente estudo essas áreas são referidas como superfície IV.

As superfícies intermediárias ocorrem em cotas imediatamente inferiores às terras altas. Considera-se como formadas mais recentemente que as anteriores (*DANIELS et alii, 1971*). O relevo é ondulado e a superfície possui menor estabilidade. Estas são as zonas de ocorrência de mantos de intemperismo mais delgados, também avermelhados e argilosos, cujos solos representativos são as Terras Roxas Estruturadas. Para efeito do presente trabalho essas áreas foram denominadas de superfície II.

As superfícies mais recentes e instáveis ocorrem nas cotas mais baixas das toposequências. São áreas intensamente dissecadas e com declives muito acentuados, que favorecem o aparecimento de solos jovens. O material superficial apresenta-se menos argiloso e a rocha inalterada pode ser encontrada a pequenas profundidades. Nessas áreas os solos dominantes são os Litólicos, Cambissolos e Brunizens Avermelhados. São consideradas como a superfície I.

Na sequência de Medianeira, além das superfícies I (não amostrada), II e IV ocorre, na posição entre 240 e 250 m de altitude, uma superfície mais estável e relativamente plana designada como superfície III. Principalmente a posição desta superfície no relevo permite julgá-la como sendo mais recente que a superfície IV e mais nova ou de mesma idade relativa que a superfície II. Considera-se, entretanto, mais antiga que a superfície I. Nesta superfície III o manto

de alteração também é profundo, de coloração avermelhada e argiloso. É a área de ocorrência da Terra Roxa Estruturada Latossólica.

4.4. Solos

Para o presente estudo foram selecionadas três sequências de solos desenvolvidos sobre as rochas do derrame basáltico no terceiro planalto do Estado do Paraná.

As sequências situam-se nos municípios de Bela Vista do Paraíso, Mandaguari e Medianeira, localizados, respectivamente, nas regiões norte, nordeste e oeste do Paraná (Figura 1).

Os solos estudados (Quadro 2) totalizam 11 perfis, tendo sido descritos e amostrados segundo as instruções do Manual de Método de Trabalho de Campo (*SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1973*). As descrições morfológicas encontram-se no Apêndice 1.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram, esquematicamente, a localização dos perfis, rede de drenagem e posição relativa dos solos nas sequências.

Quadro 2 - Localização, relação dos solos estudados e superfícies fisiográficas onde se situam.

| Perfil nº | Localização (Município) | S o l o | Superfície fisiográfica |
|--------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Bela Vista do Paraíso | Litólico | I |
| 2 | Bela Vista do Paraíso | Brunizem Avermelhado | I |
| 3 | Bela Vista do Paraíso | Terra Roxa Estruturada | II |
| 4 | Bela Vista do Paraíso | Latossol Roxo | IV |
| 5 | Mandaguari | Litólico | I |
| 6 | Mandaguari | Brunizem Avermelhado | I |
| 7 | Mandaguari | Terra Roxa Estruturada | II |
| 8 | Mandaguari | Latossol Roxo | IV |
| 9 | Medianeira | Terra Roxa Estruturada | II |
| 10 | Medianeira | Terra Roxa Estruturada Latossólica | III |
| 11 | Medianeira | Latossol Roxo | IV |

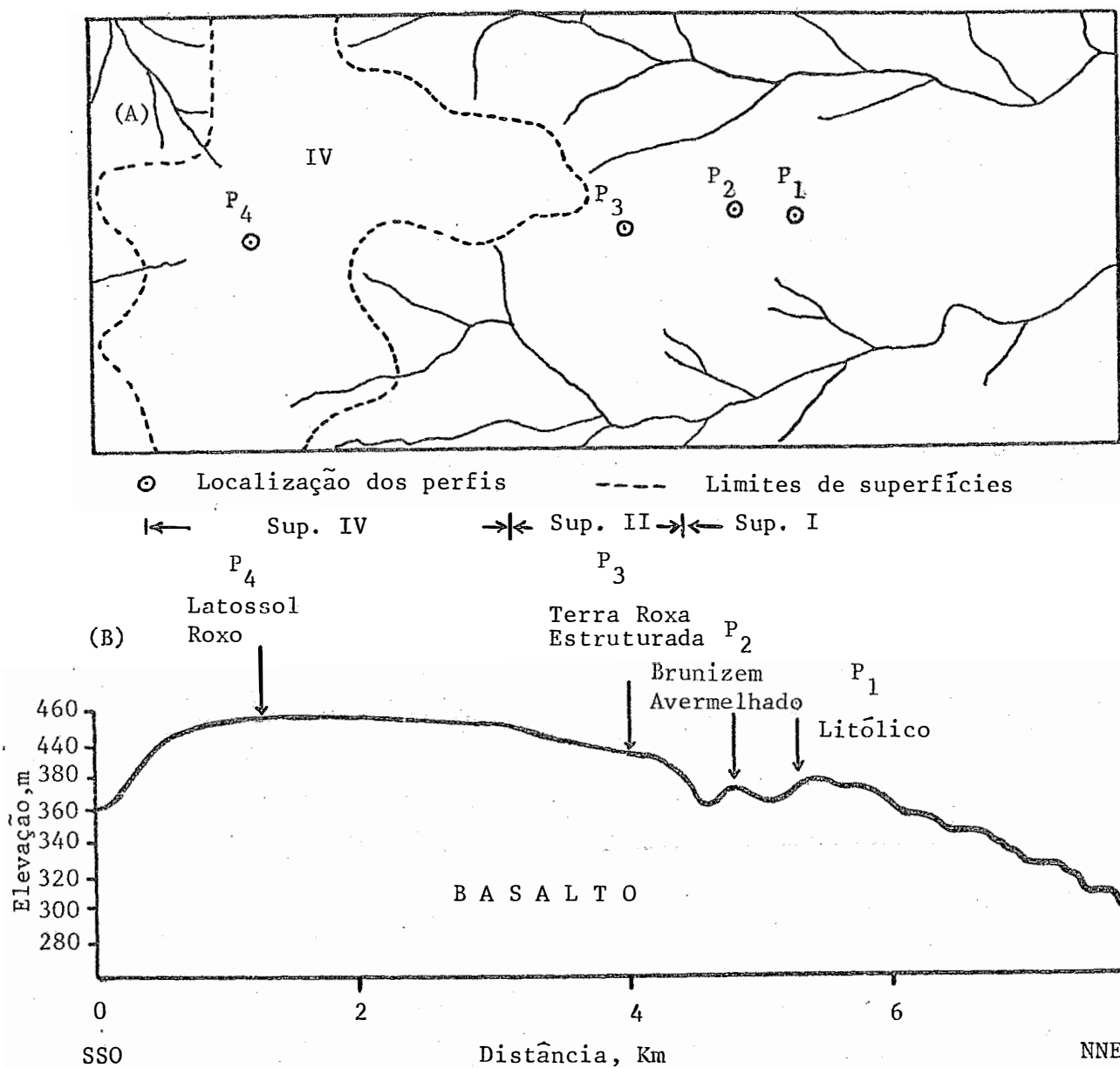
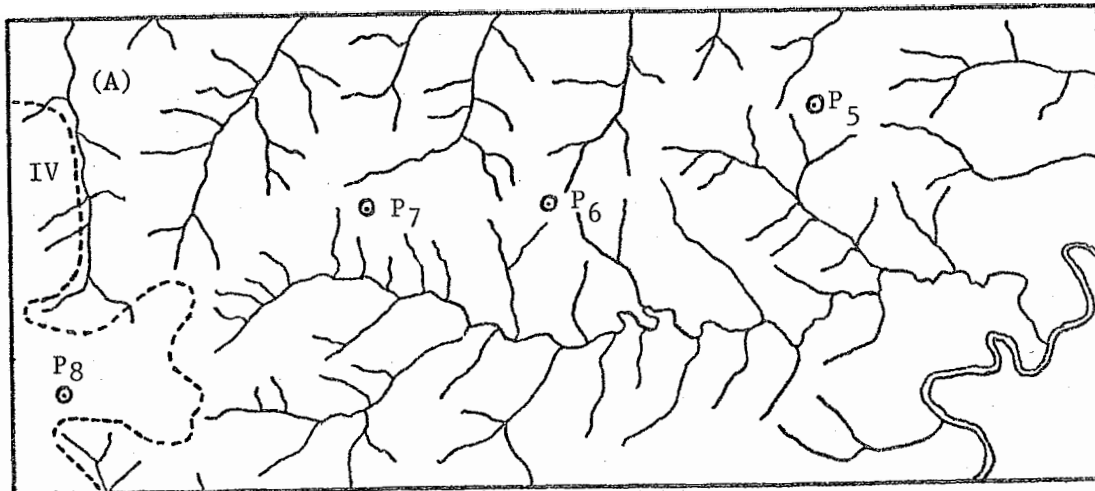


Fig.5 - Sequência de Bela Vista do Paraíso. A) Mapa da área mostrando as superfícies, rede de drenagem e localização dos perfis. B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo.



⊙ Localização dos perfis - - - - - Limites de superfícies
Sup. IV ↔ Sup. II → ← Sup. I

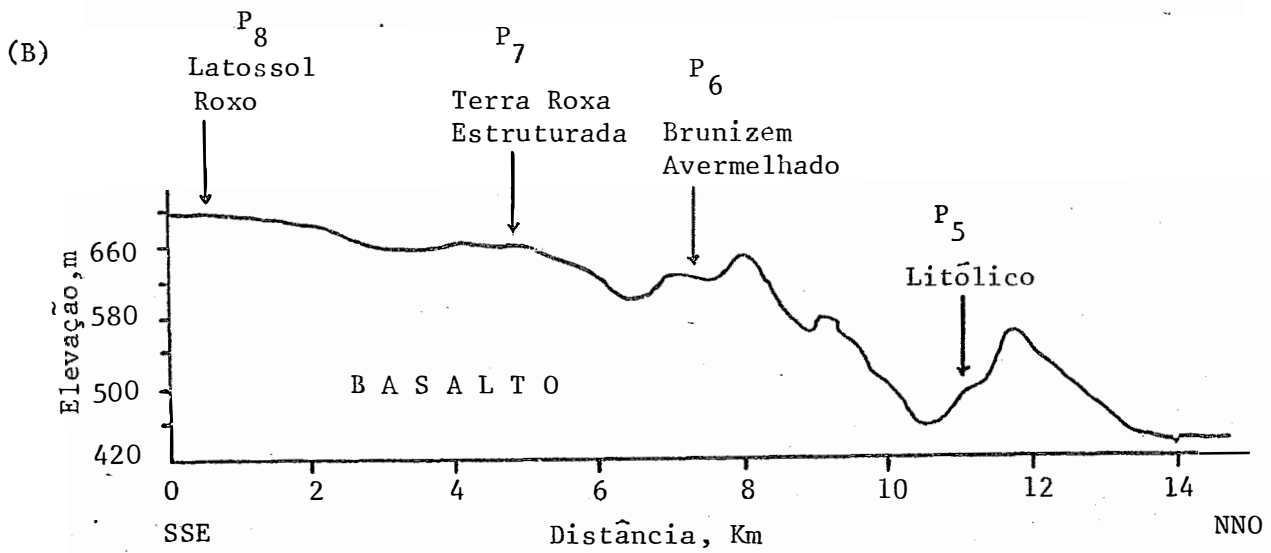


Fig. 6 - Sequencia de Mandaguari. A) Mapa da área mostrando as superfícies, rede de drenagem e localização dos perfis. B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo.

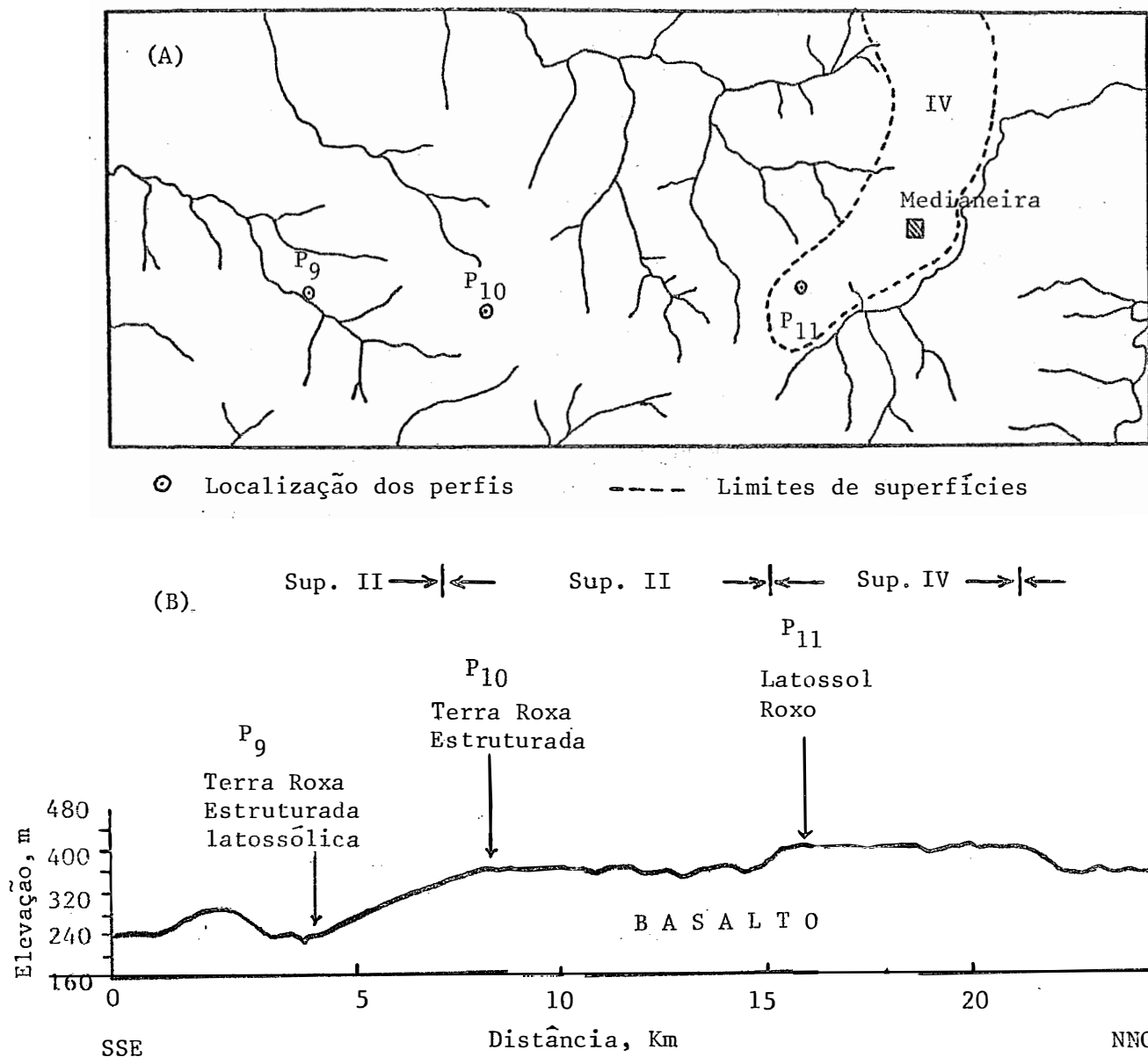


Fig. 7- Sequencia de Medianeira. A) Mapa da área mostrando as superfícies rede de drenagem e localização dos perfis. B) Corte esquemático demonstrando a posição dos perfis no relevo.

5. MÉTODOS

5.1. Granulometria

Utilizaram-se 50 gramas de TFSA, empregando-se solução de NaOH 0,1 N como agente dispersante. A argila foi determinada pelo hidrômetro, a areia por peneiramento e pesagem e o silte por diferença. A argila dispersa em água foi obtida da mesma maneira na ausência de agente dispersante (VETTORI, 1969).

5.2. Determinações químicas

Foram realizadas de acordo com VETTORI (1969), a menos que seja especificado o contrário.

pH: foi determinado potenciométricamente em água e KCl N, na proporção solo-líquido de 1:2,5 e tempo de

contato de 1/2 hora.

Câtions trocáveis: O Ca, Mg e Al, foram extraídos com solução de KCl N. O Ca e Mg foram determinados pelo EDTA e o Al por titulação com NaOH 0,05 N, usando-se o azul de Bromotimol como indicador.

O K e o Na foram extraídos com HCl 0,05 N e determinados por fotometria de chama.

O H + Al foram extraídos com acetato de cálcio N, pH 7, e determinados por titulação com NaOH 0,1 N usando-se fenolftaleína como indicador. Descontando-se o valor de Al do valor de Al + H, obteve-se o H por cálculo.

Carbono orgânico: determinado por oxidação da matéria orgânica com bicromato de potássio 0,4 N, segundo o método de Tiurin.

Ataque sulfúrico: no resíduo resultante do ataque da amostra com ácido sulfúrico (D = 1,47) foi determinado SiO₂ e no filtrado Fe₂O₃, Al₂O₃ e TiO₂.

Soma de bases, capacidade de troca de câtions, saturação de bases, saturação com alumínio, relações moleculares: a soma de bases trocáveis, valor S, foi obtida pela soma dos valores de Ca, Mg, K e Na trocáveis.

À capacidade de troca catiônica, *CTC*, obteve-se pela soma de S e Al + H.

A saturação de bases, valor *V*, foi obtida pela fórmula $S.100/CTC$.

A saturação com alumínio trocável, valor *m*, foi obtida pela fórmula $100.Al/Al + S$.

O índice *ki* foi calculado pela relação molecular entre SiO_2 e Al_2O_3 , determinados no ataque sulfúrico.

O índice *kr* foi calculado pela relação molecular entre SiO_2 e Al_2O_3 , também obtidos pelo ataque sulfúrico.

Análise química total: foi realizada para obtenção de Fe, Al e Mn totais. As amostras de TFSA foram moídas e submetidas à digestão com HF e $HClO_4$ (JACKSON, 1958). A determinação desses elementos foi feita por absorção atômica.

5:3. Extração seletiva do Fe, Al e Mn

As amostras de TFSA, moídas e secas a $105-110^{\circ}C$, foram submetidas a extração com ditionito-citrato de sódio, oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio. Nos extratos foram dosados Fe, Al e Mn.

Extração com ditionito-citrato de sódio

Os óxidos de ferro livres foram determinados inicialmente pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (MEHRA e JACKSON, 1960) e do ditionito-citrato de sódio (HOLMGREN, 1967). Após a comparação desses dois métodos de extração, cujos resultados são apresentados e discutidos no ítem 6.4., optou-se pela utilização do segundo, o qual é descrito a seguir:

A extração com ditionito-citrato de sódio foi realizada de acordo com as instruções de HOLMGREN (1967), com ligeiras modificações em relação ao peso das amostras e o tempo de agitação. Essas modificações foram julgadas necessárias em função do alto teor de ferro livre dos solos em estudo. A determinação constou basicamente do seguinte:

Foram pesadas 0,5 g de TFSA, moídas em mortár de ágata e secas a 105-110°C, e transferidas para recipientes de 250 ml. Adicionaram-se 100 ml de solução extratora contendo 20 gramas de citrato de sódio e 2 gramas de ditionito de sódio. Em seguida, procedeu-se agitação por 24 horas em agitador horizontal. Após a agitação as amostras foram transferidas para tubos de centrífuga e centrifugadas por 15 minutos a 5.000 rpm. Do sobrenadante foi retirada uma alíquota e diluída 1:50. O Fe, Al e Mn foram determinados por absor

ção atômica. A extração foi realizada com amostras em duplicata, tirando-se a média para apresentação do resultado final.

Extração com oxalato ácido de amônio

A extração com oxalato ácido de amônio foi realizada de acordo com *MCKEAGUE e DAY (1966)*, com algumas modificações na parte operacional.

Foram pesadas 0,2 g de TFSA (em duplicata) moídas em mortar de ágata e secas a 105 - 110°C, e colocadas em tubos de centrífuga de 15 ml de fundo redondo. Após a pesagem de uma série de 20 amostras, os tubos foram colocados em uma caixa porta-tubos, feita especialmente de modo a restringir a exposição dos mesmos à luz. Adicionaram-se em seguida por intermédio de uma bureta, 10 ml de oxalato-ácido de amônio (oxalato de amônio 0,2 M acidificado a pH 3 com ácido oxálico 0,2 M). Imediatamente após, os tubos foram fechados com rolhas de borracha e colocou-se a tampa na caixa, a qual foi transferida para agitador horizontal, procedendo-se a agitação por 4 horas.

Após o término da agitação procedeu-se a centrifugação a 5.000 rpm por 15 minutos. Em seguida transferiu-se o sobrenadante para frascos de vidro, que foram armaze

nados em ambiente protegido de luz, até a leitura do Fe, Al e Mn por absorção atômica.

Extração com pirofosfato de sódio

A extração foi realizada de acordo com *BASCOMB (1968)*, modificada por *MCKEAGUE (1967)*, que introduziu pirofosfato de sódio ao invés de pirofosfato de potássio.

Foi pesada 1 grama de TFSA, em duplicata, moída em mortár de ágata e seca a $105 - 110^{\circ}\text{C}$, e transferida para frascos plásticos de 250 ml, adicionando-se 100 ml de uma solução de pirofosfato de sódio 0,2 M. Os frascos plásticos foram colocados em agitador horizontal e procedeu-se a agitação por 18 horas. Após a agitação, adicionaram-se 5 gotas de Superfloc, para floculação dos colóides em suspensão, procedendo-se a centrifugação por 15 minutos a 5.000 rpm. O sobrenadante foi colocado em frascos de vidro e levado para determinação de Fe, Al e Mn no espectrofotômetro de absorção atômica.

5.4. Métodos mineralógicos

- Prê-tratamento das amostras e separação das frações granulométricas

Foram tomadas 20 gramas de TFSA das quais removeu-se a matéria orgânica e óxidos de manganês com água oxigenada (*JACKSON, 1969*) e os óxidos de ferro livres pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) - *MEHRA e JACKSON (1960)*. Devido ao maior teor de matéria orgânica dos horizontes superficiais e a grande quantidade de óxidos de ferro presentes foi necessário a repetição desses tratamentos por diversas vezes para que se obtivesse resultados satisfatórios. Em função da possibilidade da interferência de um número muito grande de remoção de óxidos de ferro, principalmente, na identificação dos componentes da fração argila por difração de raios X (*HARWARD et alii, 1962*), a amostra foi subdividida em porções de 5 gramas. Com menor quantidade de solo o número de tratamentos diminuiu, tendo-se obtido amostras com coloração mais clara, indicativa de uma remoção mais eficiente dos óxidos.

As amostras, isentas de matéria orgânica e óxidos livres de ferro e manganês, e em suspensão, foram transferidas para cilindros de sedimentação de 1.000 ml através de tamiz de 0,053 mm. A areia retida foi reservada para análise

em microscópio petrográfico após a separação de minerais leves e pesados com bromoformio (*KRUMBEIN e PETTIJOHN, 1938*). Por sifonações sucessivas, em intervalos de tempo e profundidade apropriados, a fração argila foi separada do silte e ambos armazenados em frascos de vidro rotulados.

- Difração de raios X

Alíquotas da argila submetida ao tratamento anterior e em suspensão foram saturadas com magnésio e potássio (*JACKSON, 1956*) e orientadas preferencialmente em lâminas de vidro (*THEISEN e HARWARD, 1962*). As alíquotas tratadas com magnésio foram saturadas com etileno glicol por ocasião da confecção das lâminas.

As lâminas foram levadas ao aparelho de raios X e irradiadas no intervalo de 2 a 28^o 20. As amostras potássio saturadas foram aquecidas a 350 e 550^oC e analisadas novamente nas mesmas condições. O aparelho de raios X estava equipado com tubo de cobre e filtro de níquel.

As lâminas de silte foram preparadas tomando-se uma pequena alíquota desta fração, após moagem, umidecida com água destilada e espalhando-se com uma espátula na lâmina de vidro. Após secagem ao ar, procedeu-se a irradiação uma úni

ca vez no intervalo de 2 a $60^{\circ} 2\theta$.

Também foram irradiadas algumas amostras de areia fina no intervalo de 2 a $60^{\circ} 2\theta$. As lâminas foram preparadas de forma idêntica ao silte.

A identificação dos minerais detectados por difração de raios X foi realizada de acordo com as instruções de *BROWN (1961)* e *WARSHAW e ROY (1963)*.

Para a identificação das formas cristalinas de ferro presentes na fração argila, procederam-se tratamentos de amostras dessa fração com água oxigenada para eliminação da matéria orgânica; com NaOH 5 N para remoção da caulinita (*NORRISH e TAYLOR, 1961*) e com oxalato de amônio para dissolução do ferro na forma amorfa (*MCKEAGUE e DAY, 1966*). Após esses tratamentos, as amostras foram montadas em lâminas e irradiadas no intervalo de 3 a 60 graus 2θ em aparelho de raios X equipado com tubo de ferro e filtro de manganês. A interpretação dos difratogramas foi realizada segundo *SCHWERTMANN e TAYLOR (1977)*.

- Análise quantitativa da fração argila

A caulinita e gibbsita foram determinadas pela metodologia descrita por *DIXON (1966)* com modificações intro-

duzidas por *MONIŽ e JACKSON (1967)*.

O material amorfo foi determinado por dissolução seletiva de acordo com *HASHIMOTO e JACKSON (1960)*, empregando-se KOH 0,5 N, conforme as justificativas de *CARVALHO (1971)* e *DUDAS e HARWARD (1971)*.

A análise quantitativa da mica foi realizada indiretamente pela determinação do potássio total contido na amostra (*JACKSON, 1958*).

A determinação da vermiculita e montmorilonita foi feita segundo *ALEXIADES e JACKSON (1965)*.

- Análise micromorfológica

Para a análise micromorfológica foram coletadas amostras indeformadas dos horizontes do solo por ocasião da descrição morfológica. A impregnação foi feita de acordo com a técnica descrita por *MENDES et alii (1973)*. As amostras foram cortadas em serra de diamante, reduzidas a espessura apropriada e analisadas em microscópio de polarização segundo a metodologia proposta por *BREWER (1964)*.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Características morfológicas

As descrições morfológicas encontram-se no Apêndice 1.

Sequência de Bela Vista do Paraíso

A instabilidade da superfície ocupada pelo perfil 1 (Superfície I) reflete-se marcadamente na sua morfologia. É um solo raso com uma sequência de horizontes A - C - R. Trata-se, por conseguinte, de um solo pouco desenvolvido, cuja evolução é dificultada pela natureza íngreme do relevo onde se encontra. As condições foram no entanto suficientes para a formação de um horizonte superficial relativamente espesso, bem suprido de matéria orgânica, que lhe imprime uma coloração escura, friabilidade e uma organização estrutural evidente. A presença de grande quantidade de colóides inorgânicos é inferida pela textura argilosa e pela consistência muito plástica e pegajosa. Essas características aliadas à sua alta saturação em bases (Quadro 4) são suficientes para con

siderá-lo A chernozêmico (*BRASIL, 1975a*). O horizonte C é constituído por saprólito de rocha basáltica.

O perfil 2, embora situado na mesma superfície do perfil anterior (superfície I), apresenta-se mais evoluído sob o aspecto morfológico, o que é atribuído ao fato de ocupar um relevo mais suave. Morfologicamente, o maior desenvolvimento do perfil 2, é expresso principalmente na sua profundidade, número de horizontes e presença de um horizonte de subsuperfície bem estruturado e com cerosidade, o que leva a considerá-lo como argílico (*E.U.A., 1975*) ou B textural (*BRA
SIL, 1975 a*). O horizonte A, da mesma maneira que o perfil 1, também pode ser considerado chernozêmico.

O perfil 3 localiza-se na superfície II, considerada mais antiga que a superfície anterior. Também neste perfil verifica-se a presença de um horizonte de acúmulo de argila. A maior estabilidade desta superfície é traduzida principalmente em relação a ocorrência de um solo mais profundo com um horizonte argílico melhor definido. Isto é constatado em termos de uma maior espessura e de uma cerosidade mais forte e abundante. O horizonte superficial enquadra-se como A moderado.

O perfil 4 encontra-se na superfície IV, admitida como a mais estável e antiga desta topossequência. Este

perfil exibe um conjunto de características que levam a considerá-lo como o solo mais evoluído da sequência. O solo representado por este perfil é profundo e tem uma aparência marcadamente latossólica. Este caráter é inferido principalmente por uma certa homogeneidade ao longo do perfil no que se refere a textura, consistência e estrutura. O horizonte A também pode ser classificado como moderado (*BRASIL, 1975 a*) e o horizonte de subsuperfície como óxico (*E.U.A., 1975*).

Sequência de Mandaguari

Esta sequência possui solos similares à sequência de Bela Vista do Paraíso. O perfil 5 é um solo raso e com sequência de horizontes A-C-R. Os perfis 6 e 7 apresentam horizontes A-B-C, com cerosidade e acúmulo de argila no horizonte de subsuperfície, o que leva a classificá-lo como argílico. Este último solo apresenta-se mais profundo e seu horizonte argílico mais espesso e com cerosidade forte e abundante. O perfil 8 é um solo com horizontes A-B-C, com características marcadamente latossólicas. Os horizontes superficiais dos perfis 5 e 6 são chernozêmicos, enquanto os perfis 7 e 8 possuem horizonte A do tipo moderado.

De maneira análoga à sequência anterior os solos da sequência de Mandaguari evidenciam uma evolução morfo-

lógica no sentido da superfície I para a superfície IV.

Os dados morfológicos não revelam diferenças significativas entre os solos das duas sequências anteriores. Considera-se, portanto, que as diferenças climáticas (Figuras 2, 3 e 4) observada nessas duas regiões, não foram suficientemente capazes de provocar morfologias significativamente distintas.

Sequência de Medianeira

Nesta sequência o solo representado pelo perfil 10 apresenta-se relativamente profundo e com os elementos estruturais recobertos por cerosidade forte e abundante indicando a presença de horizonte argílico.

O perfil 9 apresenta características morfológicas intermediárias entre os perfis 10 e 11, porém mais próximas do primeiro, do qual diferencia-se principalmente por um menor desenvolvimento da estrutura e cerosidade menos evidente, assim como por uma maior profundidade e friabilidade.

O perfil 11 é um solo profundo com horizontes apresentando relativa uniformidade quanto à cor e consistência. No último horizonte a estrutura apresenta-se maciça e porosa. Estas características e a ausência de cerosidade

levam a considerar o horizonte de subsuperfície como latossólico.

O horizonte A desses três perfis foi classificado como moderado.

Considerando-se a presença de horizonte B latossólico como indicadora de um estágio evolutivo do solo (E.U.A., 1975), admite-se que os perfis 9 e 10 são morfologicamente menos evoluídos que o perfil 11.

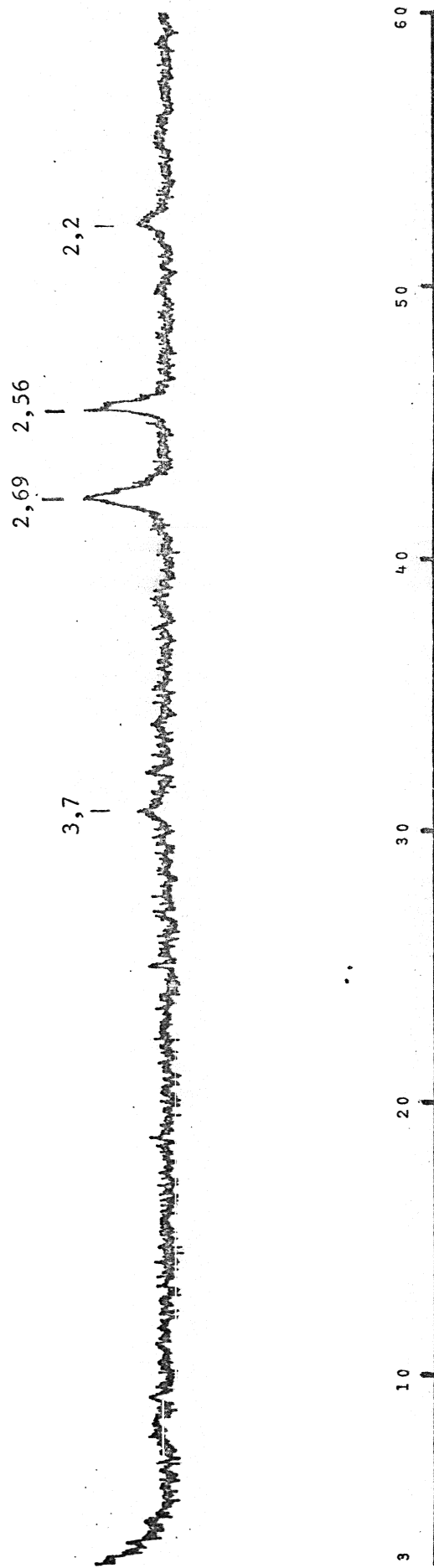
Por outro lado, características como maior profundidade do solo, espessura do horizonte B e grau de desenvolvimento da estrutura tem sido tomados como parâmetros indicadores do desenvolvimento do solo (GAMBLE *et alii*, 1970; RHUE, 1956; VAN WAMBEKE, 1962). Com base nessas observações evidencia-se que o perfil 9 é mais evoluído sob o aspecto morfológico que o perfil 10, embora o primeiro esteja localizado numa superfície admitida como mais jovem ou de mesma idade que a superfície em que situa-se o perfil 10. Presume-se que o perfil 9 tenha se desenvolvido em material proveniente das superfícies situadas nas cotas superiores.

Com relação à cor os solos estudados mostram uma certa homogeneidade e o matiz dos horizontes de subsuperfícies está ao redor de 2,5YR. Esta coloração é indicativa da presença predominante de hematita (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1977) o que foi confirmado pela análise de raios-X conforme

pode ser observado na Figura 8.

Utilizando-se os critérios propostos por *BILZI e CIOLKOSZ (1977 a, 1977 b)* é possível expressar quantitativamente as variações nas propriedades morfológicas. Esta metodologia foi proposta com a finalidade de facilitar a avaliação do desenvolvimento pedológico. Os dados morfológicos dos perfis 2, 3 e 4, da sequência de Bela Vista do Paraíso, foram utilizados para construção do gráfico representado na Figura 9. Observa-se que no perfil 2 as diferenças entre os horizontes são maiores do que entre os perfis 3 e 4. Nota-se ainda, que o grau de distinção entre os horizontes diminui do perfil 2 para o perfil 4. Esta representação mostra que, nesta sequência à medida que os solos evoluem tendem a se apresentarem homogêneos em relação às suas propriedades morfológicas.

As características morfológicas dos solos estudados sugerem uma certa relação com as superfícies em que estão localizados. Nas superfícies instáveis (Superfície I) e com declividade acentuada, não há possibilidade de desenvolvimento de um horizonte de subsuperfície e o solo mantém-se raso. Na mesma superfície, porém em condições de relevo mais suave, ocorre a formação de um horizonte B textural, contudo o solo permanece relativamente raso. Na superfície II ocorrem solos mais evoluídos o que, sob o aspecto morfológico, é evidenciado por uma maior profundidade, horizonte argílico mais espesso e com uma cerosidade mais forte e abundante. Na super



Graus 2 θ

Figura 8 - Difratoograma de raios-X da fração argila do horizonte B₂₃ do perfil 11 isenta de caulinita e óxidos de ferro amorfos.

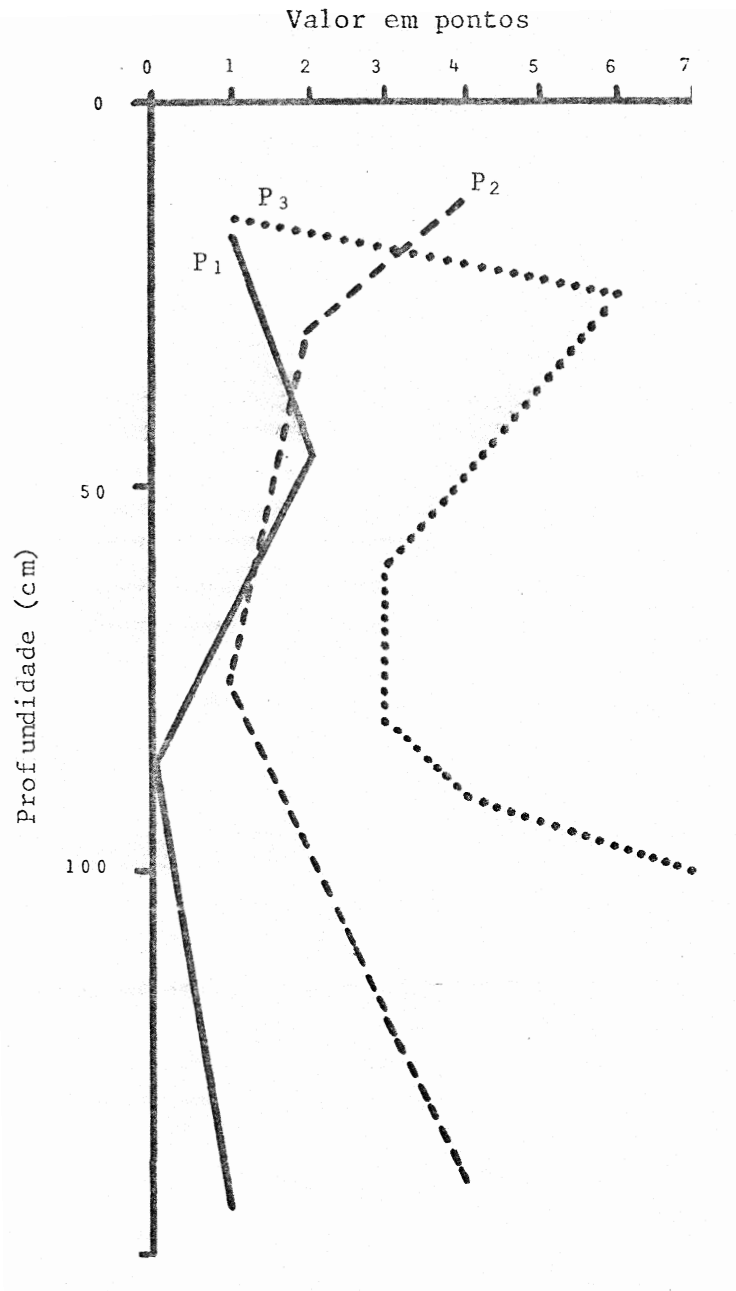


Figura 9 - Distinção relativa entre os horizontes de perfis da seqüência de Bela Vista do Paraíso.

fície IV os solos apresentam-se latossolizados.

Tomando-se como referência a presença e tipo de horizonte subsuperficial, pode-se estabelecer a seguinte sequência no sentido da superfície I para a superfície IV:

Ausência de horizonte de subsuperfície → horizonte argílico pouco espesso → horizonte argílico espesso → horizonte óxico.

6.2. Características granulométricas

Sequência de Bela Vista do Paraíso

No perfil 1 a diferenciação sob o aspecto granulométrico entre o horizonte A e o horizonte C é de pequena amplitude (Quadro 3). A fração argila é ligeiramente maior no horizonte superficial, apresentando valores pouco superiores a 40%. Os teores de areia e silte são mais elevados no horizonte C, o que leva a admitir a maior porcentagem de argila no horizonte A como resultado do intemperismo dessas duas frações. A semelhança granulométrica entre os horizontes deste perfil encontra explicação no fato de ser um solo em início de desenvolvimento por se encontrar numa superfície muito instável e jovem, em condições de relevo acidentado, desfavorável a atuação dos fatores pedogenéticos.

Quadro 3 - Composição granulométrica.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
|---|------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| PERFIL 1 - LITOSOL - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 42 | 17,0 | 17,0 | 34,0 | 22,0 | 44,0 | 34,0 | 0,50 | 1,0 |
| C | 42 ⁺ | 18,0 | 18,0 | 36,0 | 26,0 | 38,0 | 9,0 | 0,68 | 1,0 |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 15 | 21,0 | 9,0 | 30,0 | 23,0 | 47,0 | 40,0 | 0,49 | 0,42 |
| A ₃ | 29 | 14,0 | 10,0 | 24,0 | 19,0 | 57,0 | 48,0 | 0,33 | 0,71 |
| B ₁ | 42 | 3,0 | 7,0 | 10,0 | 17,0 | 73,0 | 66,0 | 0,23 | 2,30 |
| B _{21t} | 59 | 4,0 | 6,0 | 10,0 | 16,0 | 74,0 | 48,0 | 0,22 | 1,50 |
| B _{22t} | 80 | 3,0 | 14,0 | 17,0 | 23,0 | 60,0 | 7,0 | 0,38 | 4,60 |
| B ₃ | 91 | 7,0 | 23,0 | 30,0 | 31,0 | 39,0 | 6,0 | 0,79 | 3,30 |
| C | 120 ⁺ | 11,0 | 27,0 | 38,0 | 32,0 | 30,0 | 17,0 | 1,07 | 2,40 |

Quadro 3 - Continuação.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | % | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| | | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 14 | 3,0 | 6,0 | 9,0 | 32,0 | 59,0 | 48,0 | 0,54 | 2,0 |
| B _{21t} | 44 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 20,0 | 74,0 | 7,0 | 0,27 | 2,0 |
| B _{22t} | 90 | 1,0 | 3,0 | 4,0 | 17,0 | 79,0 | 0,0 | 0,22 | 3,0 |
| B ₃ | 125 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 22,0 | 72,0 | 0,0 | 0,31 | 2,0 |
| B _{3/C} | 170 ⁺ | 5,0 | 6,0 | 11,0 | 38,0 | 51,0 | 0,0 | 0,75 | 1,2 |
| PERFIL 4 - LATOSSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 27 | 5,0 | 19,0 | 24,0 | 10,0 | 66,0 | 0,0 | 0,15 | 3,8 |
| B ₁ | 60 | 4,0 | 16,0 | 20,0 | 6,0 | 74,0 | 0,0 | 0,08 | 4,0 |
| B ₂₁ | 97 | 4,0 | 17,0 | 21,0 | 7,0 | 72,0 | 0,0 | 0,10 | 4,2 |
| B ₂₂ | 150 | 4,0 | 17,0 | 21,0 | 10,0 | 69,0 | 0,0 | 0,14 | 4,2 |
| B ₂₃ | 190 ⁺ | 4,0 | 17,0 | 21,0 | 8,0 | 71,0 | 0,0 | 0,11 | 4,2 |

- Continua -

Quadro 3 - Continuação.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
|--|-----------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 25 | 14,0 | 5,0 | 19,0 | 25,0 | 56,0 | 35,0 | 0,45 | 0,36 |
| C | 25 ⁺ | 20,0 | 5,0 | 25,0 | 26,0 | 49,0 | 8,0 | 0,55 | 0,25 |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 7 | 6,0 | 7,0 | 13,0 | 43,0 | 44,0 | 34,0 | 0,98 | 1,2 |
| A ₃ | 27 | 4,0 | 5,0 | 9,0 | 35,0 | 56,0 | 49,0 | 0,63 | 1,2 |
| B _{21t} | 50 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 34,0 | 61,0 | 48,0 | 0,56 | 1,5 |
| B _{22t} | 82 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 36,0 | 58,0 | 7,0 | 0,62 | 2,0 |
| C | 100 | 12,0 | 14,0 | 26,0 | 44,0 | 30,0 | 7,0 | 1,47 | 1,2 |

Quadro 3 - Continuação.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
|--|------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 17 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 32,0 | 60,0 | 45,0 | 0,53 | 1,7 |
| B ₁ | 34 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 30,0 | 62,0 | 59,0 | 0,48 | 1,7 |
| B _{21t} | 58 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 17,0 | 78,0 | 2,0 | 0,22 | 1,5 |
| B _{22t} | 100 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 17,0 | 80,0 | 0,0 | 0,21 | 1,0 |
| B ₃ | 130 | 1,0 | 4,0 | 5,0 | 25,0 | 70,0 | 0,0 | 0,36 | 4,0 |
| C | 200 ⁺ | 3,0 | 11,0 | 14,0 | 30,0 | 56,0 | 0,0 | 0,54 | 3,7 |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 30 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 15,0 | 80,0 | 0,0 | 0,19 | 1,5 |
| A ₃ | 65 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 13,0 | 82,0 | 0,0 | 0,16 | 1,5 |
| B ₂₁ | 125 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 16,0 | 79,0 | 0,0 | 0,20 | 1,5 |
| B ₂₂ | 200 ⁺ | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 12,0 | 82,0 | 0,0 | 0,15 | 2,0 |

Quadro 3 - Continuação.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | % | | | | | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
|--|------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| | | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | | | |
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 28 | 1,0 | 3,0 | 4,0 | 19,0 | 77,0 | 46,0 | 0,25 | 3,0 |
| B ₁ | 50 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 10,0 | 88,0 | 61,0 | 0,11 | 1,0 |
| B _{21t} | 85 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 7,0 | 91,0 | 0,0 | 0,08 | 1,0 |
| B _{22t} | 136 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 7,0 | 91,0 | 0,0 | 0,08 | 1,0 |
| B ₂₃ | 190 ⁺ | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 9,0 | 89,0 | 0,0 | 0,10 | 1,0 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 26 | 9,0 | 11,0 | 20,0 | 29,0 | 51,0 | 36,0 | 0,57 | 1,2 |
| B ₁ | 47 | 5,0 | 6,0 | 11,0 | 16,0 | 73,0 | 0,0 | 0,22 | 1,2 |
| B _{21t} | 80 | 5,0 | 6,0 | 11,0 | 14,0 | 75,0 | 0,0 | 0,19 | 1,2 |
| B _{22t} | 120 | 7,0 | 6,0 | 13,0 | 14,0 | 73,0 | 0,0 | 0,19 | 0,8 |
| B _{23t} | 138 | 7,0 | 7,0 | 14,0 | 22,0 | 64,0 | 0,0 | 0,34 | 1,0 |
| B _{3/C} | 170 | 7,0 | 8,0 | 15,0 | 19,0 | 60,0 | 0,0 | 0,32 | 1,0 |

Quadro 3 - Continuação.

| Horizonte Simb. | Prof. (cm) | % | | | | | | Argila dis- persa em água | Silte/ argila | Areia fina/ Areia grossa |
|--|------------------|-----------------|---------------|----------------|-------|--------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| | | Areia grossa | Areia fina | Areia total | Silte | Argila | Argila dis- persa em água | | | |
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 0 - 12 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 20,0 | 74,0 | 48,0 | 0,27 | 2,0 | |
| A ₃ | 30 | 1,0 | 3,0 | 4,0 | 18,0 | 78,0 | 0,0 | 0,23 | 3,0 | |
| B ₂₁ | 52 | 1,0 | 3,0 | 4,0 | 14,0 | 82,0 | 0,0 | 0,17 | 3,0 | |
| B ₂₂ | 125 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 10,0 | 86,0 | 0,0 | 0,12 | 2,0 | |
| B ₂₃ | 260 ⁺ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 13,0 | 84,0 | 0,0 | 0,15 | 2,0 | |

No perfil 2, os teores de argila são mais elevados em relação ao perfil anterior e a ocorrência de um processo de iluviação é evidenciado por um pronunciado acúmulo desta fração no horizonte B (Quadro 3). Esta concentração de argila dá-se a curta distância do horizonte eluvial e seus teores satisfazem os critérios exigidos para o diagnóstico de um horizonte argílico (E.U.A., 1975) ou horizonte B textural (BRASIL, 1975 a), cuja presença foi sugerida pela cerosidade observada na descrição morfológica. Em relação às areias, nota-se neste perfil, uma distribuição desordenada (Quadro 3) sugerindo a ocorrência de uma descontinuidade não detectada por ocasião da descrição do solo no campo. Esta descontinuidade fica evidenciada ao se calcular a relação areia fina/areia grossa, pois apresenta acentuada variação em profundidade (Quadro 3). Em exame microscópico da fração areia fina observou-se a presença de grande quantidade de quartzo, mostrando acentuado arredondamento. Em virtude das rochas eruptivas básicas dos derrames basálticos da Bacia do Paraná terem baixa quantidade deste mineral (SCHNEIDER, 1970; SARTORI et alii, 1975) e a maioria dos perfis estudados mostrarem também teores negligíveis de quartzo com formas não arredondadas, considera-se que o perfil em questão seja possivelmente desenvolvido a partir de um material resultante da mistura de basalto e arenito. A sequência a qual pertence este perfil está situada em uma região praticamente rodeada de manchas de arenito Caiuá (Figura 1), e que, segundo MAACK (1947), assentam-se diretamente

sobre os lençóis de eruptivas básicas e cobriam áreas mais ex ten sas. Estas indicações são tomadas como evidências prováveis do arenito Caiuã ter sido a fonte de material quartzoso detectado no perfil 2.





No que se refere aos teores de argila dispersa em água, os resultados indicam quantidades elevadas nos hori zontes superficiais que diminuem em profundidade. O decrêsci mo de argila em condições de dispersar em água com a profundi dade tem sido relacionado à diminuição dos teores de matéria orgânica no mesmo sentido (*VAN RAIJ e PEECH, 1972*).

No perfil 3 os teores de areia são mais baixos que os do perfil anterior e os de argila mais elevados. Também neste perfil ocorre uma concentração de argila em subsu perfície em condições favoráveis a existência de um horizonte argílico, com um gradiente textural superior ao perfil 2. A presença de argila natural somente é verificada nos hori zontes superficiais (Quadro 3).

O perfil 4 possui teores de argila que aumentam em profundidade sem contudo alcançarem teores que possam caracterizar um horizonte iluvial (Quadro 3). O baixo gra diente textural e a baixa relação silte/argila é uma evidên cia que leva a considerar o horizonte de subsuperfície como latossólico. Os teores de areia grossa e silte são conside ravelmente menores em relação aos perfis anteriores. Chamam, entretanto, a atenção os valores anormalmente elevados de

areia fina que alcançam até 19% (Quadro 3). Os altos teores de areia fina no perfil 4 podem ser atribuídos a uma dispersão incompleta ou a uma contribuição de arenito. A primeira hipótese parece pouco plausível uma vez que uma dispersão ineficiente também seria indicada por altos teores de silte que evidentemente não ocorrem. A aceitação da segunda alternativa é fortalecida pela presença de quartzo arredondado na fração areia fina de todos os horizontes do perfil, em quantidade aproximada de 80%. Da mesma forma que o perfil 2, considera-se o arenito Caiuã como fonte desse material. A distribuição uniforme da fração areia no perfil 4 sugere ser o mesmo desenvolvido a partir de um material com uma mistura mais homogênea que o perfil 2. Considerando que o perfil 4 situa-se numa superfície de maior estabilidade, revela uma maior contribuição de arenito comparativamente aos outros componentes da sequência, localizados em superfícies mais jovens.

Analisando-se comparativamente os perfis desta sequência de Bela Vista do Paraíso, verifica-se que a fração areia diminui bruscamente dos solos localizados na superfície I (Perfis 1 e 2) para aquele situado na superfície II (Perfil 3), elevando-se novamente para o solo representante da superfície IV (perfil 4), o qual apresenta os teores mais elevados de areia de todos os perfis considerados (Figura 10). Os menores teores desta fração nos solos da superfície II são interpretados como resultado do intemperismo originando frações

-  Litólico + Brunizem
-  Terra Roxa Estruturada
-  Latossol Roxo
-  Terra Roxa Estruturada Latossólica

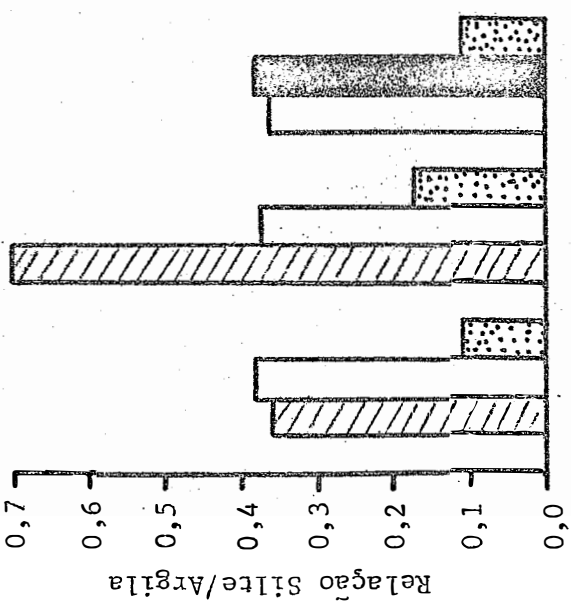
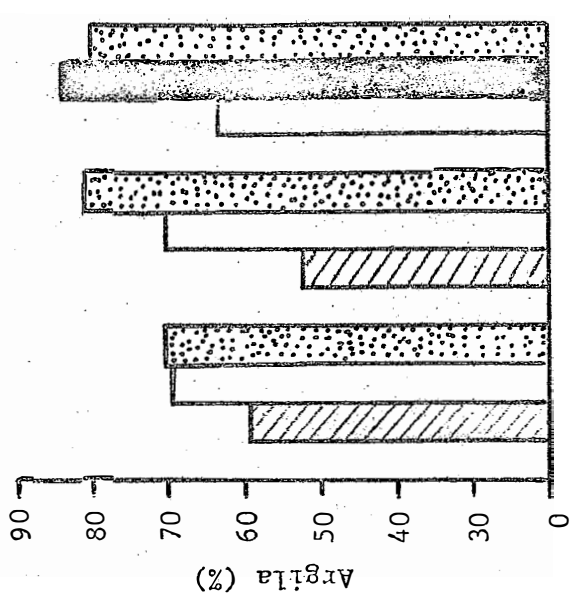
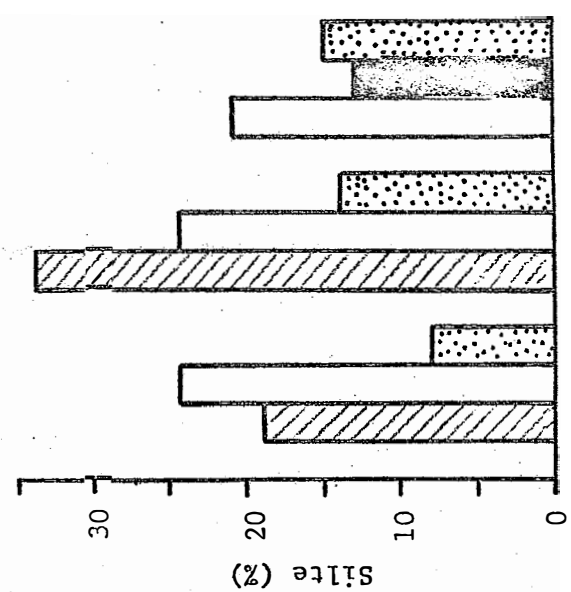
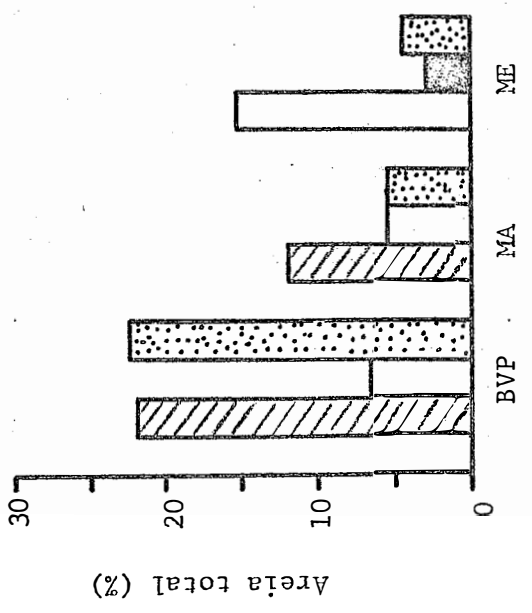
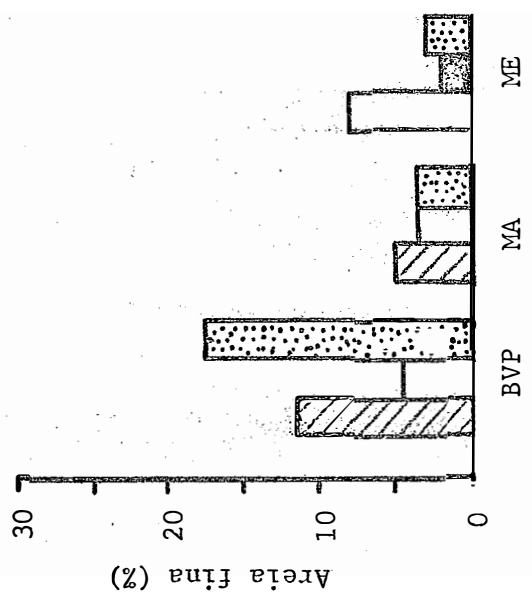
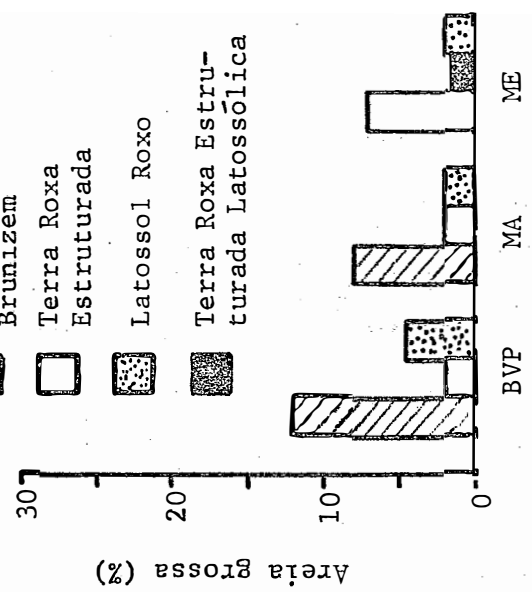


Figura 10 - Variação da granulometria entre os perfis estudados (média de cada perfil).
 BVP = Bela Vista do Paraíso; MA = Mandaguari; ME = Medianeira.

mais finas. Os teores mais elevados de areia no solo da superfície IV são atribuídos à influência do arenito Caiuá.

Em relação ao silte os teores mais altos são encontrados nos solos da superfície I e II e decrescem no sentido da superfície IV, o que também foi considerado como função de um intemperismo crescente (Figura 10).

A fração argila aumenta no sentido do solo desenvolvido na superfície IV, o que pode ser explicado como sendo devido à alteração das frações mais grosseiras por intemperismo, principalmente o silte, devido às características de maior antiguidade desta superfície (Figura 10).

A argila dispersa em água é constatada em todos os horizontes dos solos da superfície I, apenas nos horizontes superficiais dos solos da superfície II e está ausente no solo da superfície IV (Quadro 3). Estudos recentes tem demonstrado haver um certo relacionamento entre argila dispersa em água e a pH (GILMAN, 1974). De acordo com este autor os teores de argila dispersa em água apresentam alguma relação com a amplitude das cargas negativas no solo. De certa forma o comportamento da argila dispersa em água nos horizontes de subsuperfície pode ser aparentemente atribuído a uma gradativa diminuição das cargas elétricas negativas dos solos componentes desta sequência.

Sequência de Mandaguari

Os perfis desta sequência ocupam posições no relevo análogas aos perfis de Bela Vista do Paraíso. A relação areia fina/areia grossa também evidencia ocorrência de descontinuidades litológicas. A distribuição dos teores de argila em profundidade e cerosidade permitem identificar a presença de um horizonte argílico nos perfis 6 e 7, enquanto que a ausência dessas características indicam que o perfil 8 é possuidor de um horizonte B latossólico. As frações granulométricas apresentam, de uma maneira geral as mesmas tendências da sequência anterior.

As frações grosseiras tendem a decrescer com a idade da superfície e as frações finas aumentar. As maiores diferenças são observadas entre os solos das superfícies I e II. Entre os solos da superfície II e IV os teores de areia tendem a permanecer praticamente constantes, enquanto que os de silte e argila aumentam consideravelmente. É possível que este resultado seja uma indicação que na superfície IV os acréscimos de argila foram conseguidos pela alteração da fração silte, sendo que a fração areia já alcançou um estádio de certa estabilidade.

A relação silte/argila (Quadro 3), diminuindo no sentido dos solos da superfície IV indica, também, um maior

grau de alteração. A argila natural segue a mesma tendência da sequência anterior, sendo que os menores teores são encontrados no solo da superfície IV.

Sequência de Medianeira

A distribuição da fração argila nos perfis representativos desta sequência indica que nas superfícies II e III os solos possuem horizonte argílico (Perfis 9 e 10) enquanto que na superfície IV o horizonte de subsuperfície é um latossólico (Perfil 11) (Quadro 3).

Comparando-se o perfil 9 com os perfis 10 e 11, observa-se um nítido decréscimo nos teores das frações mais grosseiras e uma elevação nos teores de argila, o que é também interpretado como sinal de uma atuação mais enérgica dos agentes de intemperismo nos dois últimos solos, pois ocupam su superfícies consideradas mais estáveis.

Confrontando-se os resultados obtidos para todas as três sequências (Figura 10) constata-se que os solos da superfície I são aqueles que apresentam a maior variação em todas as frações, possivelmente em função da sua grande instabilidade. Na superfície II, os solos de Bela Vista do Paraíso e Mandaguari são semelhantes possuindo, inclusive, uma

relação silte/argila muito próximas. A superfície III somente foi constatada na sequência de Medianeira o que impede, por conseguinte, análise comparativa. Observa-se, no entanto que, relativamente à superfície II, ocorre um decréscimo nos teores de areia e silte e um aumento da fração argila, o que pode ser tomado como decorrência do seu maior grau de alteração. Na superfície IV, as sequências de Medianeira e Mandaguari mostram maior similaridade entre si, comparativamente à de Bela Vista do Paraíso, visto esta última ter sofrido influência do arenito Caiuã.

Dos dados apresentados verifica-se que, nas condições do presente estudo, no estágio inicial da pedogênese em rochas basálticas, representado pelos perfís 1 e 5 (Superfície I), encontram-se teores de argila relativamente elevados, uma vez que a rocha altera-se em grande parte diretamente nessa fração. Em condições de relevo mais favorável à pedogênese (Perfís 2 e 6) ocorre um aumento de argila pelo intemperismo das frações mais grosseiras. A fração argila transloca-se e se concentra nos horizontes inferiores, formando um horizonte iluvial. Neste estágio, os solos possuem uma elevada relação silte/argila e a argila em condições de dispersar em água é constatada em todos os horizontes do solo.

Em um estágio subsequente, do qual os perfís 3, 7, 9 e 10 são exemplos, as frações finas continuam a aumentar seus teores com conseqüente diminuição da relação sil-

te/argila e a argila dispersa em água faz-se presente apenas em alguns horizontes superficiais do solo.

Um estágio mais avançado de evolução é indicado pelos perfis 4, 8 e 11 (Superfície IV). Caracteriza-se por uma tendência na distribuição uniforme da argila no perfil e baixas porcentagens de areia e silte. A relação silte/argila é baixa e a argila dispersa em água pode não ocorrer e, quando o faz, é constatada apenas nos horizontes de superfície.

6.3. Características químicas

Sequência de Bela Vista do Paraíso

Os resultados das análises químicas rotineiras (Quadro 4), indicam que nos perfis 1 e 2, o cálcio predomina com teores consideravelmente elevados. Secundariamente, em ordem decrescente, estão o magnésio, o potássio e o sódio. Os altos valores de cálcio e magnésio, principalmente, conferem a esses solos uma alta saturação em bases, o que leva a considerá-los como eutróficos (BRASIL, 1975 a). Nesses perfis a rocha basáltica é encontrada a profundidades relativamente pequenas e a fração areia contém minerais primários capazes de liberar bases (item 6.7.). Portanto, a grande quantidade de bases nesses solos seria uma consequência do contí-

Quadro 4 - Resultados químicos dos solos estudados.

| Horizonte | pH | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | H ⁺ | CTC | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot Al^{+++}}{Al^{+++} + S}$ | C % | |
|---|------------------|-----|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|----------------|-----|-------------------------|--------|---|--------|-------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | | | | | | | | | | Δ pH |
| PERFIL 1 - LITÓLICO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,7 | 5,3 | -1,4 | 32,6 | 7,9 | 1,5 | 0,09 | 42,0 | 0,0 | 2,6 | 44,7 | 101,6 | 94,0 | 0,0 | 1,58 |
| C | 6,6 | 5,3 | -1,3 | 33,5 | 8,1 | 1,8 | 0,09 | 43,5 | 0,0 | 1,8 | 45,3 | 119,2 | 96,0 | 0,0 | 1,30 |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,9 | 5,4 | -1,5 | 28,2 | 9,0 | 0,24 | 0,10 | 37,5 | 0,0 | 2,5 | 40,0 | 85,1 | 94,0 | 0,0 | 2,41 |
| A ₃ | 7,0 | 5,6 | -1,4 | 27,2 | 9,1 | 0,16 | 0,07 | 36,5 | 0,0 | 1,9 | 38,4 | 67,0 | 95,0 | 0,0 | 1,64 |
| B ₁ | 7,1 | 5,5 | -1,6 | 23,8 | 10,2 | 0,13 | 0,06 | 34,2 | 0,0 | 1,9 | 36,1 | 49,4 | 95,0 | 0,0 | 1,34 |
| B _{21t} | 7,1 | 5,4 | -1,7 | 18,8 | 10,2 | 0,09 | 0,06 | 28,4 | 0,0 | 1,9 | 30,3 | 40,9 | 94,0 | 0,0 | 0,98 |
| B _{22t} | 7,1 | 5,4 | -1,7 | 25,3 | 14,9 | 0,07 | 0,07 | 40,3 | 0,0 | 2,0 | 42,3 | 70,5 | 95,0 | 0,0 | 0,71 |
| B ₃ | 7,0 | 5,1 | -1,9 | 28,9 | 20,8 | 0,06 | 0,12 | 49,9 | 0,0 | 2,2 | 52,1 | 133,5 | 96,0 | 0,0 | 0,39 |
| C | 6,9 | 4,8 | -2,1 | 32,5 | 23,2 | 0,05 | 0,28 | 56,0 | 0,0 | 2,1 | 58,1 | 193,6 | 96,0 | 0,0 | 0,38 |

Quadro 4 - Continuação.

| Horizonte | pH | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | H ⁺ | CTC | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot \text{Al}^{+++}}{\text{Al}^{+++} + \text{S}}$ | C % |
|---|------------------|-----|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|----------------|------|-------------------------|--------|--|--------|
| | H ₂ O | KCl | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,4 | 5,3 | 15,0 | 3,2 | 0,68 | 0,04 | 18,9 | 0,0 | 3,8 | 22,7 | 38,5 | 83,0 | 0,0 | 1,85 |
| B _{21t} | 6,8 | 5,4 | 11,9 | 4,3 | 0,14 | 0,03 | 16,4 | 0,0 | 2,2 | 18,6 | 25,1 | 88,0 | 0,0 | 0,99 |
| B _{22t} | 5,2 | 4,0 | 7,5 | 4,3 | 0,05 | 0,03 | 11,9 | 0,4 | 3,5 | 15,8 | 20,0 | 75,0 | 3,0 | 0,50 |
| B ₃ | 5,1 | 4,0 | 6,5 | 4,3 | 0,04 | 0,04 | 10,9 | 0,4 | 3,5 | 14,8 | 20,5 | 74,0 | 4,0 | 0,42 |
| B _{3/C} | 5,1 | 3,7 | 12,4 | 13,5 | 0,05 | 0,06 | 26,0 | 1,6 | 5,4 | 33,0 | 64,7 | 79,0 | 6,0 | 0,29 |
| PERFIL 4 - LATOSSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 4,5 | 3,7 | 1,0 | 0,3 | 0,16 | 0,02 | 1,5 | 1,7 | 4,0 | 7,2 | 10,9 | 20,0 | 53,0 | 0,81 |
| B ₁ | 5,0 | 3,9 | 1,0 | 0,2 | 0,06 | 0,02 | 1,3 | 1,1 | 3,0 | 5,4 | 7,3 | 24,0 | 46,0 | 0,50 |
| B ₂₁ | 4,9 | 3,9 | 0,8 | 0,2 | 0,06 | 0,01 | 1,1 | 1,2 | 3,0 | 5,3 | 7,4 | 21,0 | 52,0 | 0,49 |
| B ₂₂ | 4,1 | 3,9 | 0,4 | 0,2 | 0,04 | 0,03 | 0,7 | 1,7 | 3,3 | 5,7 | 8,3 | 12,0 | 71,0 | 0,61 |
| B ₂₃ | 4,2 | 4,0 | 0,4 | 0,2 | 0,03 | 0,02 | 0,7 | 1,4 | 2,7 | 4,8 | 6,8 | 15,0 | 67,0 | 0,36 |

- Continua -

Quadro 4 - Continuação.

| Hori- zonte | pH H ₂ O KCl | ΔpH | e. mg/100 g de solo | | | | | | | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot Al^{+++}}{Al^{+++} + S}$ | C % | | |
|--|----------------------------|-----|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|----------------|-------------------------|--------|---|--------|-----|------|
| | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | H ⁺ | | | | | CTC | |
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,0 | 4,7 | -1,3 | 16,9 | 8,9 | 0,24 | 0,06 | 26,1 | 0,0 | 4,8 | 30,9 | 46,8 | 84,0 | 0,0 | 1,36 |
| C | 6,2 | 4,6 | -1,6 | 17,1 | 9,2 | 0,33 | 0,07 | 26,7 | 0,0 | 2,3 | 29,0 | 51,8 | 92,0 | 0,0 | 1,00 |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 6,5 | 6,0 | -0,5 | 21,2 | 7,6 | 1,63 | 0,20 | 30,6 | 0,0 | 3,1 | 33,7 | 76,7 | 91,0 | 0,0 | 2,41 |
| A ₃ | 6,4 | 5,6 | -0,8 | 18,4 | 8,7 | 0,55 | 0,09 | 27,7 | 0,0 | 2,6 | 30,3 | 54,1 | 91,0 | 0,0 | 1,29 |
| B _{21t} | 5,2 | 4,3 | -0,9 | 25,5 | 4,3 | 0,16 | 0,07 | 30,0 | 1,0 | 4,9 | 35,9 | 58,8 | 84,0 | 3,0 | 0,90 |
| B _{22t} | 5,2 | 4,2 | -1,0 | 15,3 | 17,3 | 0,14 | 0,08 | 32,8 | 1,2 | 4,0 | 38,0 | 65,5 | 86,0 | 4,0 | 0,55 |
| C | 5,1 | 4,1 | -1,0 | 14,5 | 16,5 | 0,14 | 0,08 | 31,2 | 1,2 | 4,0 | 36,4 | 113,8 | 85,7 | 3,7 | 0,41 |

Quadro 4 - Continuação.

| Hori- zonte | pH | | ΔpH | e. mg/100 g de solo | | | | | | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot \text{Al}^{+++}}{\text{Al}^{+++} + \text{S}}$ | C % | | |
|--|------------------|-----|------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|-------------------------|--------|--|--------|----------------|------|
| | H ₂ O | KCl | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | | | | | H ⁺ | CTC |
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,1 | 5,2 | -0,9 | 12,4 | 1,8 | 0,89 | 0,03 | 15,1 | 0,0 | 4,2 | 19,3 | 32,1 | 78,0 | 0,0 | 2,18 |
| B ₁ | 6,2 | 5,1 | -1,1 | 9,8 | 2,2 | 0,61 | 0,02 | 12,6 | 0,0 | 3,7 | 16,3 | 26,3 | 77,0 | 0,0 | 1,26 |
| B _{21t} | 6,2 | 5,0 | -1,2 | 9,7 | 2,5 | 0,61 | 0,02 | 12,8 | 0,0 | 3,1 | 15,9 | 20,4 | 81,0 | 0,0 | 0,96 |
| B _{22t} | 6,0 | 5,2 | -0,8 | 9,2 | 2,6 | 0,27 | 0,02 | 12,1 | 0,0 | 2,6 | 14,7 | 18,4 | 82,0 | 0,0 | 0,71 |
| B ₃ | 6,2 | 5,2 | -1,0 | 8,7 | 4,6 | 0,23 | 0,03 | 13,6 | 0,0 | 2,9 | 16,5 | 23,6 | 82,0 | 0,0 | 0,42 |
| C | 5,8 | 5,2 | -0,6 | 9,0 | 4,4 | 0,31 | 0,09 | 13,8 | 0,0 | 2,8 | 16,6 | 29,6 | 83,0 | 0,0 | 0,31 |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 5,1 | 4,4 | -0,7 | 3,8 | 1,0 | 0,06 | 0,07 | 4,9 | 0,6 | 4,8 | 10,3 | 12,9 | 48,0 | 11,0 | 0,98 |
| A ₃ | 5,2 | 4,6 | -0,6 | 3,7 | 1,1 | 0,11 | 0,06 | 5,0 | 0,5 | 4,4 | 9,9 | 12,0 | 51,0 | 9,0 | 0,76 |
| B ₂₁ | 5,2 | 4,8 | -0,4 | 2,7 | 1,4 | 0,06 | 0,04 | 4,2 | 0,2 | 4,0 | 8,4 | 10,6 | 50,0 | 5,0 | 0,56 |
| B ₂₂ | 5,1 | 4,5 | -0,6 | 1,0 | 1,0 | 0,09 | 0,04 | 2,1 | 0,8 | 3,9 | 6,8 | 8,3 | 31,0 | 28,0 | 0,40 |

- Continua -

Quadro 4 - Continuação.

| Horizonte | pH | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | H ⁺ | CTC | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot \text{Al}^{+++}}{\text{Al}^{+++} + \text{S}}$ | C % | |
|--|------------------|-----|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|----------------|-----|-------------------------|--------|--|--------|-------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | | | | | | | | | | Δ pH |
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 5,9 | 5,0 | -0,9 | 6,3 | 2,2 | 0,44 | 0,11 | 9,1 | 0,1 | 4,9 | 14,1 | 18,3 | 65,0 | 1,0 | 1,83 |
| B ₁ | 6,7 | 5,3 | -1,4 | 5,7 | 1,9 | 0,45 | 0,02 | 8,1 | 0,0 | 2,0 | 10,1 | 11,5 | 80,0 | 0,0 | 0,80 |
| B _{21t} | 6,9 | 5,7 | -1,2 | 4,4 | 2,4 | 0,60 | 0,02 | 7,4 | 0,0 | 1,2 | 8,6 | 9,4 | 86,0 | 0,0 | 0,59 |
| B _{22t} | 6,6 | 5,8 | -0,8 | 3,3 | 2,3 | 0,89 | 0,02 | 6,5 | 0,0 | 1,2 | 7,7 | 8,5 | 84,0 | 0,0 | 0,51 |
| B _{23t} | 5,2 | 4,4 | -0,8 | 1,6 | 1,6 | 0,42 | 0,00 | 3,6 | 0,0 | 1,7 | 5,3 | 5,9 | 68,0 | 0,0 | 0,35 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 6,5 | 5,6 | -0,9 | 12,5 | 2,6 | 0,73 | 0,09 | 15,9 | 0,0 | 2,7 | 18,6 | 36,5 | 85,0 | 0,0 | 1,74 |
| B ₁ | 6,3 | 5,5 | -0,8 | 8,7 | 2,3 | 0,46 | 0,03 | 11,5 | 0,0 | 3,2 | 14,7 | 20,1 | 78,0 | 0,0 | 0,70 |
| B _{21t} | 6,3 | 5,4 | -0,8 | 7,7 | 2,5 | 0,15 | 0,02 | 10,4 | 0,0 | 3,2 | 13,6 | 18,1 | 76,0 | 0,0 | 0,55 |
| B _{22t} | 6,2 | 5,4 | -0,8 | 6,9 | 2,2 | 0,13 | 0,02 | 9,3 | 0,0 | 3,2 | 12,5 | 17,1 | 74,0 | 0,0 | 0,61 |
| B _{23t} | 6,0 | 5,4 | -0,6 | 6,3 | 2,2 | 0,09 | 0,02 | 8,6 | 0,0 | 3,2 | 11,8 | 18,4 | 73,0 | 0,0 | 0,35 |
| B _{3/C} | 5,9 | 5,4 | -0,5 | 6,8 | 2,6 | 0,08 | 0,04 | 9,5 | 0,0 | 3,2 | 12,7 | 21,2 | 75,0 | 0,0 | 0,39 |

- Continua -

Quadro 4 - Continuação.

| Hori- zonte | pH H ₂ O KCl | ΔpH | e. mg/100 g de solo | | | | | | | CTC/ 100 g argila | V % | $\frac{100 \cdot \text{Al}^{+++}}{\text{Al}^{+++} + \text{S}}$ | C % | | |
|--|----------------------------|-----|---------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-------------------|----------------|-------------------------|--------|--|--------|------|------|
| | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S | Al ⁺⁺⁺ | H ⁺ | | | | | CTC | |
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 5,5 | 4,6 | -0,9 | 6,9 | 1,3 | 0,23 | 0,05 | 8,5 | 0,3 | 7,4 | 16,2 | 21,9 | 52,0 | 3,0 | 2,49 |
| A ₃ | 5,2 | 4,0 | -1,2 | 2,5 | 0,8 | 0,08 | 0,04 | 3,4 | 1,6 | 4,9 | 9,9 | 12,7 | 34,0 | 32,0 | 1,10 |
| B ₂₁ | 5,4 | 4,2 | -1,2 | 2,0 | 1,2 | 0,05 | 0,04 | 3,3 | 1,1 | 3,9 | 8,3 | 11,5 | 40,0 | 25,0 | 0,66 |
| B ₂₂ | 5,3 | 4,2 | -1,1 | 1,6 | 1,0 | 0,04 | 0,04 | 2,7 | 1,4 | 3,6 | 7,7 | 8,9 | 35,0 | 34,0 | 0,46 |
| B ₂₃ | 5,5 | 4,3 | -1,2 | 1,3 | 1,0 | 0,05 | 0,34 | 2,7 | 1,2 | 3,5 | 7,4 | 8,4 | 36,0 | 31,0 | 0,32 |

nuo suprimento a partir dos minerais primários à medida que vão sendo progressivamente alterados. A instabilidade da superfície onde esses perfis se encontram, propiciando condições desfavoráveis à lixiviação aliada a alta capacidade de troca catiônica, seriam os principais fatores responsáveis pela permanência das bases no solo.

No perfil 3, ocorre um nítido decréscimo das bases trocáveis em relação aos perfis anteriores, as quais atingem quantidades muito baixas no perfil 4. (Figura 11A). Percebe-se, portanto, uma paulatina desbasificação à medida que os solos evoluem na toposequência, embora estejam sujeitos a um mesmo regime pluviométrico. Evidencia-se, por conseguinte, uma lixiviação crescente no sentido do perfil situado na superfície mais estável. A porcentagem de saturação em bases (V%) também decresce acentuadamente na mesma direção (Figura 11F).

Inversamente às bases, o alumínio trocável tem seus teores aumentados do perfil 1 para o perfil 4 (Figura 11F). Nos perfis 1 e 2, o alumínio está ausente em função de um pH elevado e alta saturação em bases. No perfil 3, o alumínio somente é constatado em profundidade quando o pH decresce. No perfil 4 o alumínio é o cátion dominante, o que lhe confere um acentuado caráter álico. O comportamento do alumínio nessa sequência de solos sugere uma estreita ligação com a desbasificação dos mesmos. Este tipo de relacionamento tem sido co-

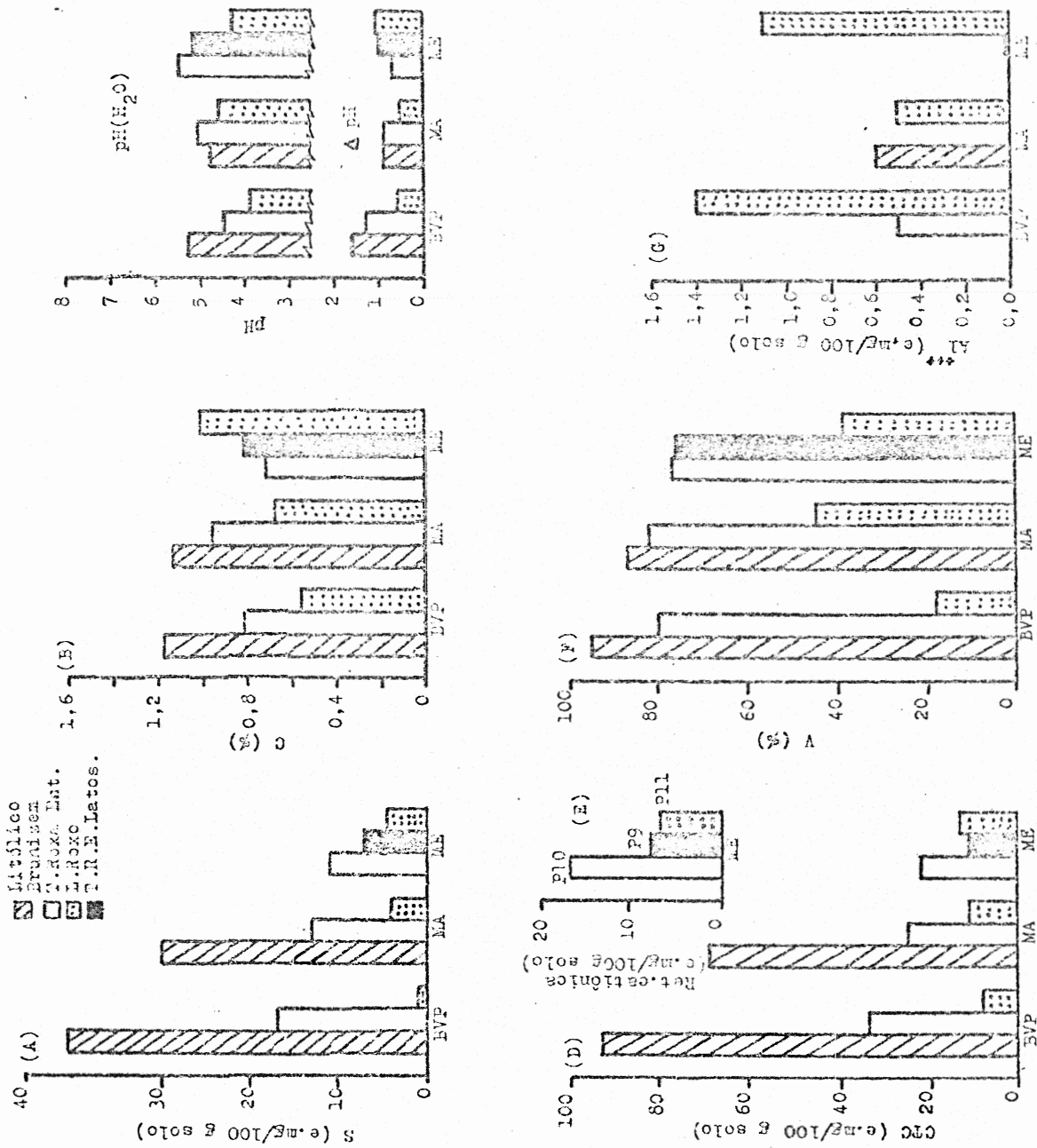


Figura 11 - Variação de algumas características químicas entre os perfis estudados (média de cada perfil). BVP = Bela Vis do Paraíso; MA = Mandaguari; ME = Medianeira.

mumente constatado (CAMARGO e VAN RAIJ, 1976).

Com relação ao pH, observa-se clara tendência em decrescer no sentido do perfil 4 acompanhando o comportamento das bases trocáveis e da porcentagem de saturação de bases (Figura 11C). Os valores de pH determinado em água são sempre superiores ao pH em KCl, o que demonstra a predominância de cargas elétricas negativas em todos os perfis da sequência (MEKARU e UEHARA, 1972). Os valores de Δ pH também diminuem para o perfil 4 (11C).

A capacidade de troca catiônica sofre influência da presença de maior quantidade de matéria orgânica nos horizontes superficiais de todos os perfis da sequência (Quadro 4). Em decorrência, apresentam os valores mais elevados de capacidade de troca catiônica. Entretanto, nos perfis 1 e 2, os horizontes próximos à rocha são aqueles com capacidade de troca catiônica mais elevada. Considera-se que os teores mais elevados de minerais de argila 2:1, nessa porção do solo, sejam responsáveis por este comportamento. Mesmo eliminando-se a influência da matéria orgânica, os perfis 1 e 2 podem ser considerados solos com argila de alta atividade, de acordo com os critérios estabelecidos por BRASIL (1975 a). Nos perfis 3 e 4 a capacidade de troca catiônica decresce perceptivelmente de forma a indicar uma predominância de material coloidal de baixa atividade como caulinita e óxidos de ferro. Esta observação é confirmada pela mineralogia da fração argi-

la (Ítem 6.6.), o que demonstra o estreito relacionamento entre essas duas características.

Tomando-se a capacidade de troca catiônica como uma indicação do grau de evolução dos solos (*E.U.A.*, 1975; *LEPSCH et alii*, 1977) pode-se considerar que os solos tornam-se mais evoluídos no sentido do perfil 1 para o perfil 4, visto que essa característica decresce na mesma ordem (Figura 11D).

Os resultados obtidos para o carbono indicam, igualmente, um decréscimo no sentido do perfil situado na parte mais elevada da sequência (Figura 11B). Estudos conduzidos em países de clima temperado tem revelado aumento ou decréscimo do conteúdo de matéria orgânica com a idade do solo (*DICKSON e CROCKER*, 1954; *PARSONS et alii*, 1970). Em solos de clima tropical (*DEMATTE e HOLOWAYCHUCK*, 1977; *LEPSCH et alii*, 1977) não se observou relação entre idade do solo e teores de carbono e sua variação foi considerada como ligada ao manejo, vegetação e propriedades do solo como textura e drenagem. Considera-se, no caso dos solos em estudo, que o fato de serem todos submetidos a cultivo impede uma conclusão definitiva. Contudo, nota-se que o decréscimo de carbono coincide com a melhoria crescente das condições de relevo, que permite uma intensificação de cultivo do perfil 1 para o perfil 4. Isto leva a crer que o decréscimo de carbono esteja relacionado com a utilização mais intensa do solo pois, segundo *ALLISON (1973)*, o cultivo dos solos leva a um abaixamento nos

teores de matéria orgânica.

Sequência de Mandaguari

Nos solos desta sequência as características químicas como soma de bases, porcentagem de saturação de bases, capacidade de troca catiônica, Δ pH e carbono apresentam comportamento semelhante aos solos da sequência de Bela Vista do Paraíso, motivo pelo qual não serão discutidas (Figura 11A, B, C).

Em relação ao alumínio e pH verifica-se que não obedecem a mesma tendência da sequência anterior no sentido de aumentar ou diminuir, respectivamente, em direção ao solo mais evoluído (Figura 11G), o que leva a crer que estas duas características aparentemente não estejam diretamente relacionadas à idade do solo.

Sequência de Medianeira

Nesta sequência a soma e a porcentagem de saturação de bases decrescem do perfil 10 para o perfil 9 e deste para o perfil 11. (Figuras 11A, F).

Contrariamente ao que foi observado nas sequências anteriores, em Medianeira o solo localizado na superfície mais jovem (Superfície II) não apresenta os mais altos valores de soma e saturação em bases (Figura 11). Este comportamento é explicado pelo fato do perfil 9 ter-se desenvolvido, provavelmente, a partir de materiais previamente alterados provenientes das superfícies que ocupam posições mais elevadas no relevo.

O alumínio, carbono e Δ pH (Figura 11G, B, C) aumentam no sentido do perfil 11 e o pH não apresenta um comportamento consistente.

Com referência à capacidade de troca catiônica (CTC/100 g de solo) o perfil 9 também não mostra os valores mais altos da sequência. A mesma justificativa dada para a soma e saturação em bases é válida para explicar esse resultado.

Os perfis 9 e 11 possuem CTC/100 g solo muito próximas com valores ligeiramente superiores para o último (Figura 11D). Como a mineralogia da argila indica ser o perfil 11 o mais evoluído, atribui-se a CTC mais elevada desse solo a um maior conteúdo de matéria orgânica (Figura 11B). O emprego do método gráfico preconizado por BENNEMA (1966) para correção da influência da matéria orgânica na CTC deu resultados dispersos para o perfil 9, não permitindo uma compara-

ção satisfatória. Também o emprego de um valor arbitrário de CTC para 1% de carbono, conforme proposto por este autor, é uma medida pouco precisa reconhecida pelo mesmo. Assim, na impossibilidade da utilização da CTC para efeito de comparação entre esses dois solos, lançou-se mão da retenção catiônica como característica química diferencial. Segundo *COLEMAN et alii (1959)*, a retenção de cátions fornece uma estimativa da carga permanente dos colóides inorgânicos do solo. A Figura 11E, construída com valores médios dos perfis 9, 10 e 11, mostra uma maior carga permanente para o último perfil, o que vem evidenciar o seu caráter mais alterado.

O estudo desses solos, que representam diversos estágios da pedogênese em rochas basálticas, nas condições climáticas do Paraná, permite uma idéia generalizada a respeito da evolução de suas características químicas.

Os primeiros estágios da pedogênese, representada pelos perfis 1, 2, 5 e 6 (Superfície I), caracteriza-se por um alto conteúdo em bases trocáveis, das quais o cálcio e o magnésio são predominantes. Os altos teores desses cátions conferem aos solos uma alta saturação em bases e um pH elevado. O hidrogênio sempre está presente, porém com valores reduzidos. O alumínio somente é constatado em valores de pH inferiores a 5,8. Os valores de pH em água são sempre superiores ao pH em KCl. São também típicos dessa fase elevados valores de CTC devido a presença de argilo-minerais 2:1.

No estágio seguinte de pedogênese - perfis 3, 7, 9 e 10 - ocorre uma acentuada desbasificação que é acompanhada por uma diminuição da CTC. Os solos podem ser eutróficos, distróficos ou álicos. Embora representantes destes últimos não tenham sido constatados no presente estudo, sua ocorrência já foi verificada no Paraná através de levantamentos de solos efetuados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (BRASIL, 1970, 1971, 1972).

Consegue-se, ainda, sob o aspecto químico, individualizar um terceiro estágio dos quais os perfis 4, 8 e 11 são exemplos. Estes solos também podem apresentar baixa ou alta saturação em bases ou serem álicos. Podem ser diferenciados da fase anterior por valores mais baixos de CTC.

6.4. Óxidos de ferro, alumínio e manganês

Os óxidos de ferro, alumínio e manganês foram extraídos pelo emprego de ditionito (Fe_d), oxalato (Fe_o) e pirofosfato de sódio (Fe_p). A utilização desses extratores foi realizada com o objetivo de obter informações a respeito das diferentes formas que o Fe, Al e Mn podem ocorrer nos solos, independentemente daquelas ligadas aos silicatos.

É geralmente aceito que as extrações com ditio

nito de sódio fornecem uma estimativa do conteúdo dos óxidos livres de Fe, Al e Mn, cristalinos ou amorfos. Tem sido demonstrado, também, que a extração de materiais do solo por soluções de oxalato, em condições de ausência de luz, libera Fe, Al e Mn ligados a compostos amorfos orgânicos e inorgânicos de intemperismo recente. Por outro lado, o pirofosfato de sódio ou potássio tem sido empregados como extratores específicos na dissolução de compostos orgânicos amorfos de Fe, Al e Mn (MEHRA e JACKSON, 1960; MCKEAGUE e DAY, 1966; MCKEAGUE, 1967; BASCOMB, 1968; BLUME e SCHWERTMANN, 1969; MCKEAGUE et alii, 1971).

Comparação entre os métodos de extração com ditionito de sódio

O método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), proposto por MEHRA e JACKSON (1960), é um dos mais empregados para extração dos óxidos de ferro livres. Entretanto, quando se tem um número muito grande de amostras com alto teor em ferro livre o método revela-se pouco prático e trabalhoso, além de requerer controle da temperatura de extração. Por outro lado, o método do ditionito-citrato de sódio (DC), proposto por HOLMGREN (1967) mostra-se mais simples. O analista limita-se a colocar a amostra para agitar

a frio, em uma solução de ditionito-citrato de sódio, por um determinado período de tempo.

Utilizando-se de amostras dos solos estudados neste trabalho, que representam perfis em diferentes estádios de alteração, foram testados esses dois métodos com o objetivo de adotar uma metodologia para extração dos óxidos de ferro.

Os resultados (Quadro 5) indicam que, mesmo após cinco extrações, os teores de ferro obtidos pelo DCB são inferiores ao DC com apenas uma extração. No Latossol Roxo, uma única extração pelo DCB removeu apenas 40% do ferro livre sendo, portanto, necessárias outras repetições. Em face desses resultados foi preferido o método do DC que, além de não apresentar os inconvenientes do DCB, extrai maiores quantidades de ferro.

Óxidos de ferro

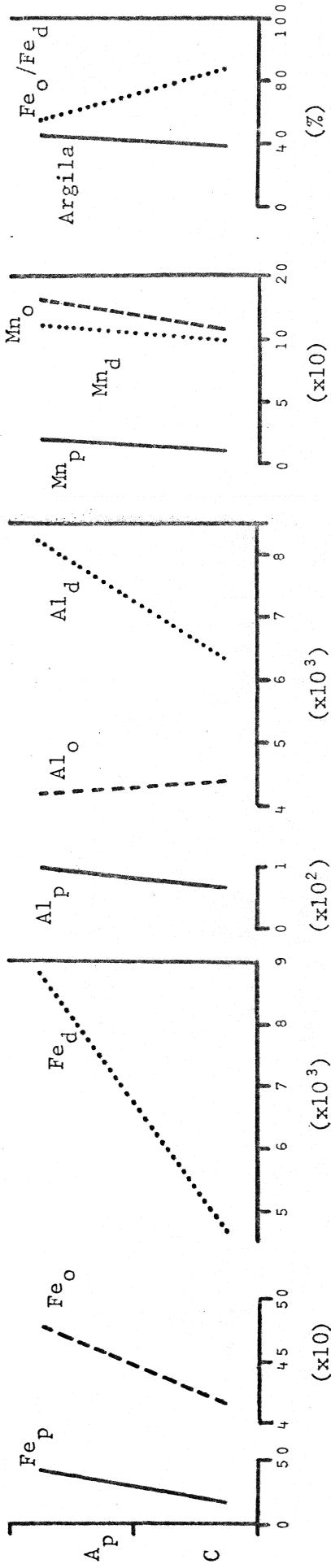
Em relação aos óxidos de ferro, os resultados (Figuras 12 a 16a e Quadro 10, no Apêndice 2) mostram que, independentemente do solo considerado, houve uma extração de maior quantidade de óxidos cristalinos livres (Fe_d) sobre os óxidos amorfos inorgânicos (Fe_o) e destes sobre os óxidos orgânicos.

Quadro 5 - Comparação entre as porcentagens de ferro extraídas pelos métodos de MEHRA e JACKSON (1960) e HOLMGREN (1967).

| Perfil nº | Solo | Hori- zonte | MEHRA e JACKSON | | | | | HOLMGREN |
|--------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | | Extrações* | | | | | |
| | | | 1ª | 2ª | 3ª | 4ª | 5ª | |
| | | | % Fe | | | | | |
| 2 | Brunizem Avermelhado | B _{22t} | 3,5 (53,8) | 1,7 (26,1) | 0,7 (10,8) | 0,4 (6,1) | 0,4 (3,1) | 6,5 8,1 |
| 2 | Brunizem Avermelhado | C | 1,5 (46,9) | 0,7 (21,9) | 0,4 (12,5) | 0,4 (12,5) | 0,2 (6,2) | 3,2 5,8 |
| 3 | Terra Roxa Estruturada | B _{22t} | 5,3 (73,6) | 0,8 (11,0) | 0,7 (9,7) | 0,3 (4,2) | 0,1 (1,4) | 7,2 12,3 |
| 4 | Latossol Roxo | B ₂₂ | 4,5 (39,8) | 3,3 (29,2) | 2,1 (18,6) | 0,8 (7,1) | 0,6 (5,3) | 11,3 12,5 |

*Os valores entre parênteses indicam a % de Fe removida em cada extração em relação ao total.

Perfil 1



Perfil 2

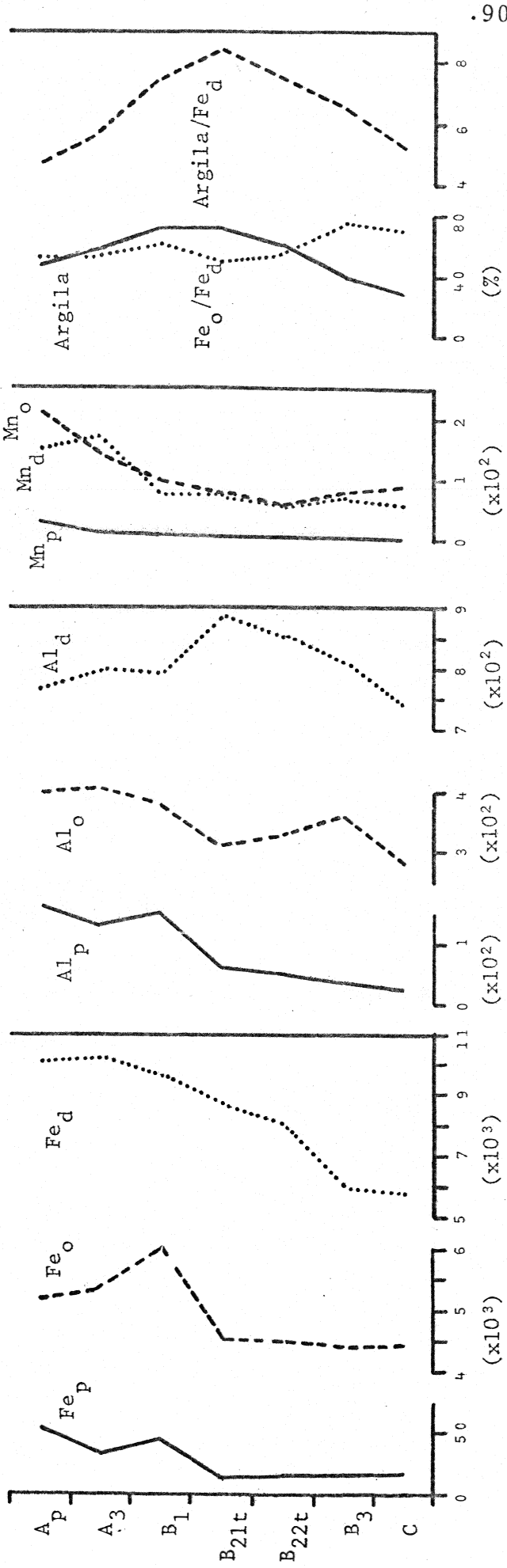
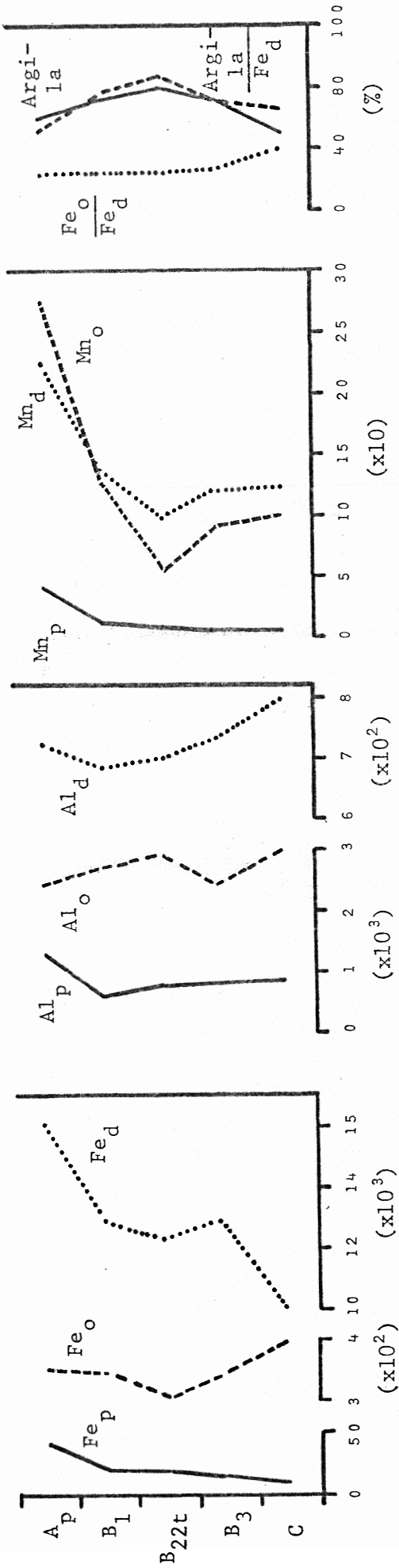


Figura 12 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/ Fe_d nos perfis 1 e 2.

Perfil 3



Perfil 4

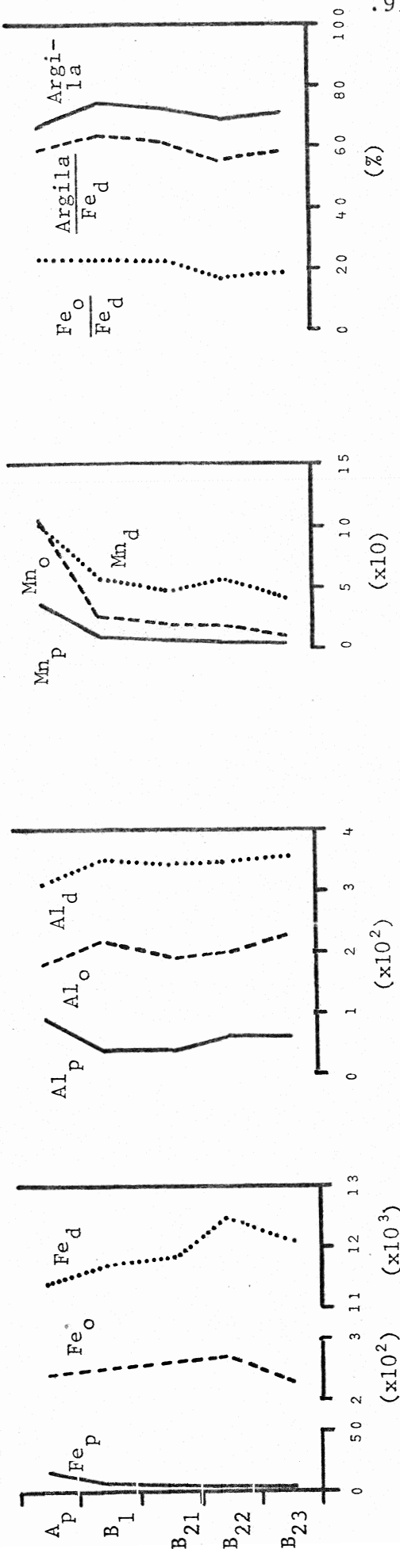
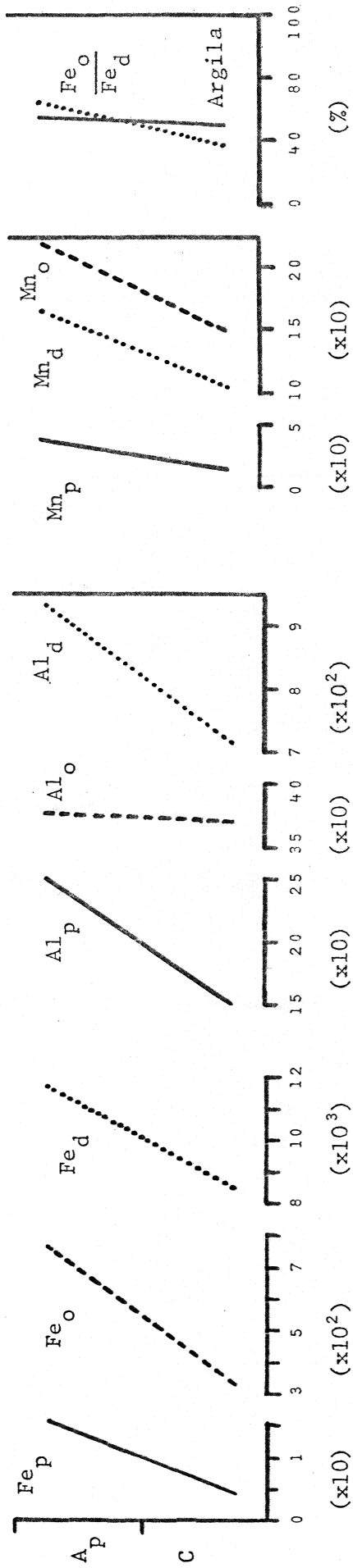


Figura 13 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/Fe_d nos perfis 3 e 4.

Perfil 5



Perfil 6

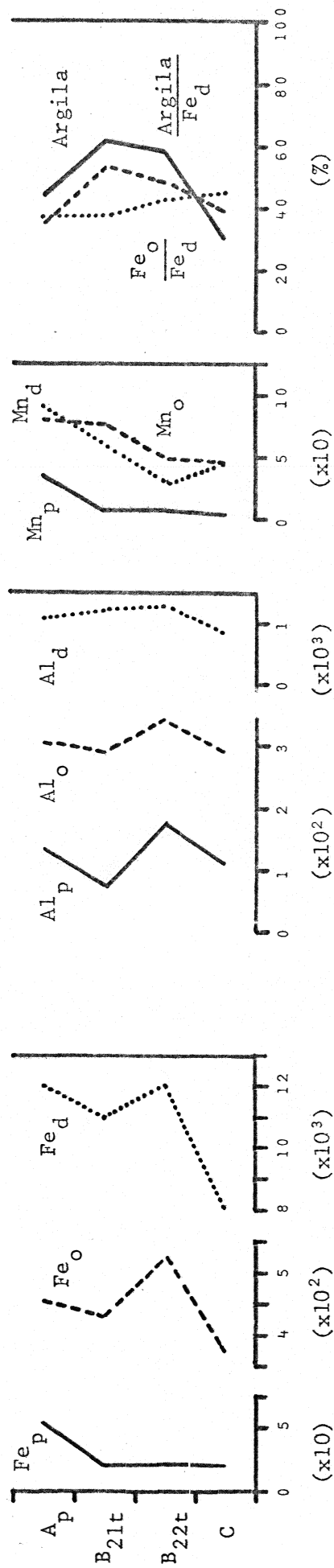
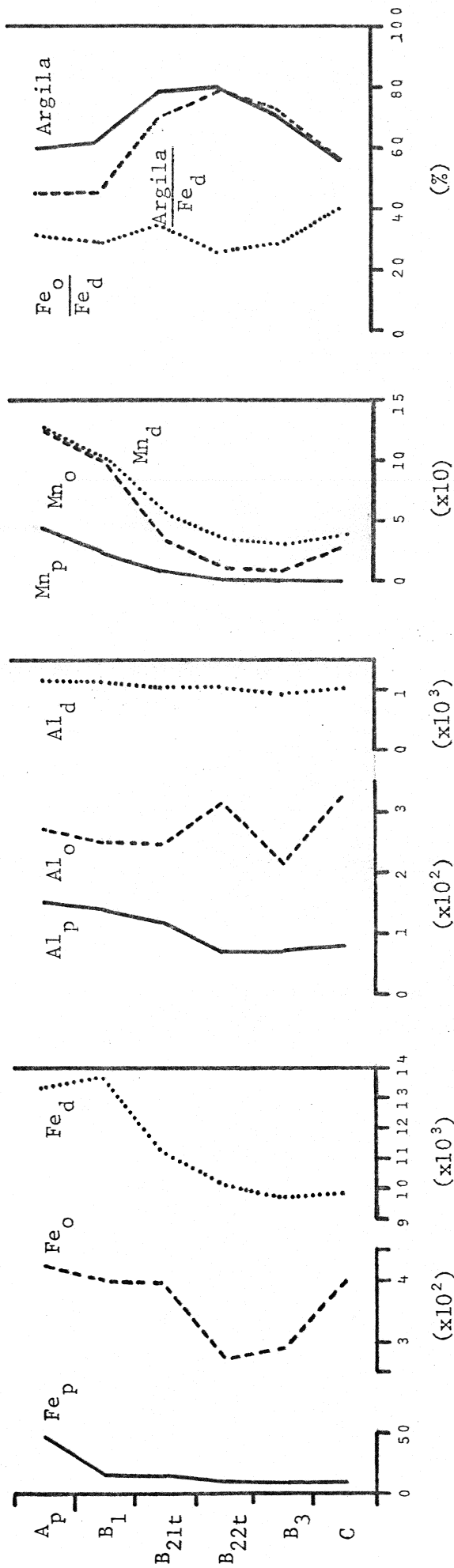


Figura 14 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e argila/Fe_d nos perfis 5 e 6.

Perfil 7



Perfil 8

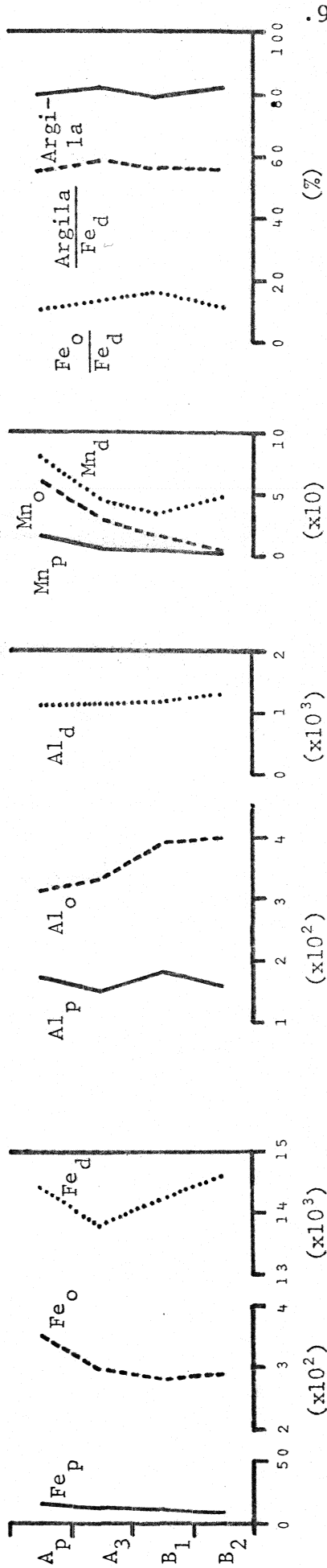
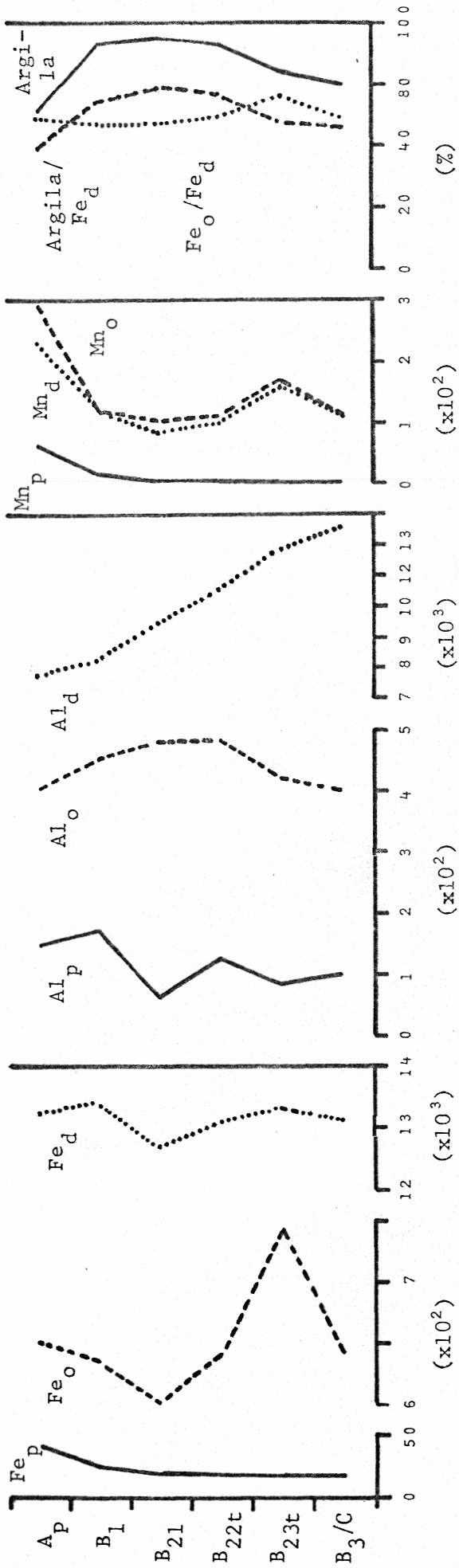


Figura 15 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e $argilla/Fe_d$ nos perfis 7 e 8.

Perfil 9



Perfil 10

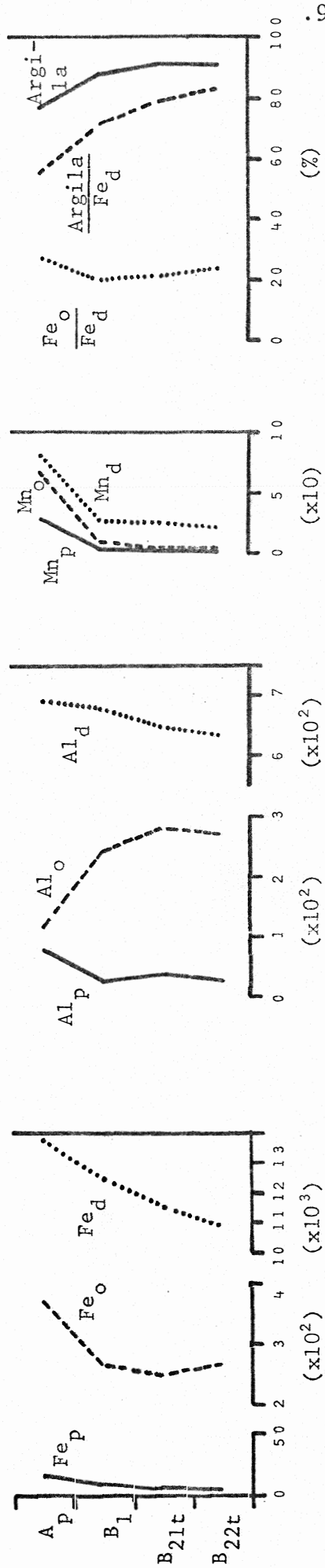


Figura 16 - Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_o/Fe_d e Argila/Fe_d nos perfis 9 e 10.

Perfil 11

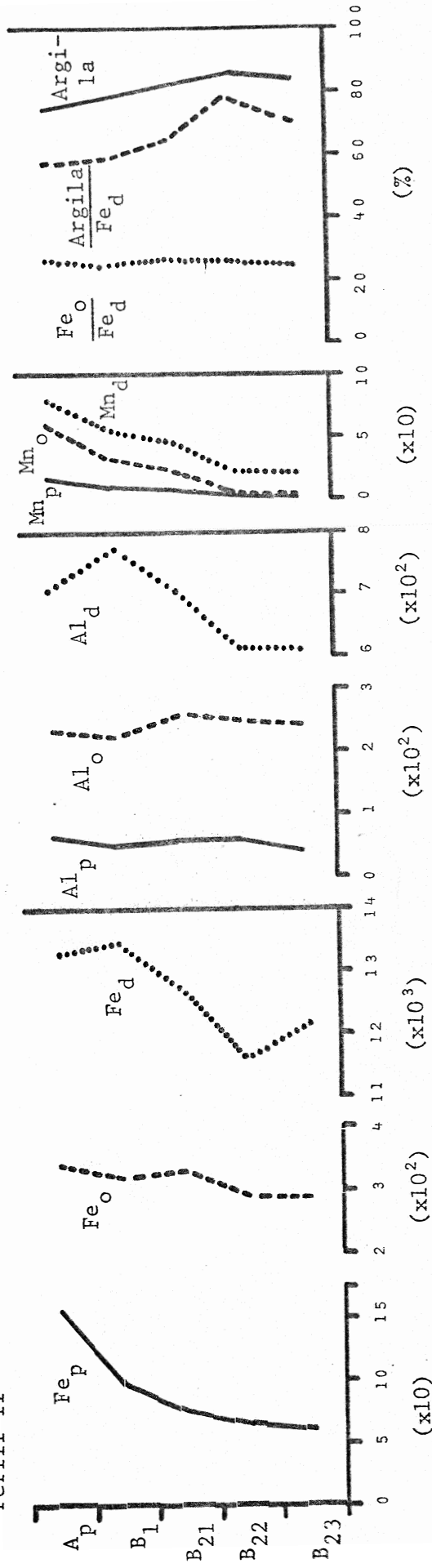


Figura 16a- Distribuição em profundidade dos óxidos de Fe, Al e Mn (mg/100 g de solo), argila (%), relações Fe_O/Fe_D e argila/Fe_D no perfil 11.

cos amorfos (Fe_p). Isto é tomado como indicação de que ocorreram condições adequadas que permitiram a cristalização dos óxidos liberados pelo intemperismo.

Examinando-se inicialmente os óxidos de ferro ligados aos compostos orgânicos (Fe_p), verifica-se que apresentam uma tendência em acompanhar a distribuição do carbono em profundidade. Por conseguinte, o Fe_p apresenta teores que decrescem ao longo do perfil. Em alguns perfis, que evidenciam acúmulo de argila em subsuperfície, ocorre também um ligeiro acúmulo de Fe_p , o que é tomado como evidencia de alguma translocação de óxido de ferro nessa forma.

Nas sequências de Bela Vista do Paraíso e Mandaguari, os teores de Fe_p decrescem no sentido dos solos mais evoluídos, acompanhando o carbono que diminui no mesmo sentido. Por outro lado, na sequência de Medianeira o Fe_p decresce e o carbono aumenta para os solos mais alterados. Este comportamento parece sugerir algum relacionamento do Fe_p com a idade do solo. Outra explicação seria a presença, nos solos mais evoluídos de Medianeira, de um tipo de matéria orgânica mais resistente à liberação do ferro por solução de pirofosfato. Situação similar foi constatada em solos de clima temperado (MCKEAGUE, 1968).

Em relação aos óxidos de ferro extraídos pelo oxalato de amônio (Fe_o), alguns solos com horizonte argílico

também demonstraram certa concentração de Fe_0 , sugerindo alguma possibilidade de migração em profundidade, o que foi verificado para outros solos de clima tropical (*JUO et alii*, 1974; *ASAMOA*, 1973). Nos solos com horizonte B latossólico ocorre uma distribuição mais uniforme em profundidade, notando-se ligeira tendência no decréscimo dos teores de Fe_0 ao longo do perfil. Os maiores teores de Fe_0 na superfície destes solos levam a admitir alguma influência da matéria orgânica, proporcionando uma maior concentração de ferro na forma amorfa. As considerações de *SCHWERTMANN et alii* (1968) enfatizam o efeito inibitório da matéria orgânica na cristalização dos óxidos de ferro.

Ao se comparar os teores de Fe_0 entre os solos de uma mesma sequência verifica-se que, de forma semelhante ao ferro organo-complexado, também ocorre um decréscimo nos solos mais evoluídos. Provavelmente, o período mais prolongado de tempo permitiu melhor possibilidade de cristalização. Esta observação encontra amparo nos resultados obtidos por *LIMA* (1969).

Com referência aos óxidos de ferro livres extraídos pelo ditionito (Fe_d), notam-se algumas tendências generalizadas segundo o estágio de desenvolvimento dos solos. Nos solos Litólicos ocorre uma maior concentração de Fe_d no horizonte A. *BLUME e SCHWERTMANN* (1969), encontrando resultados semelhantes, justificam como sendo ocasionados por uma

maior intensidade de intemperismo nessa porção do solo. A maioria dos solos que apresentam horizonte argílico mostra um decréscimo ao longo do perfil, o que tem sido tomado com indicação de um transporte preferencial de argila (*LEPSCH et alii, 1977*). Os dados obtidos pelo ataque sulfúrico (Quadro 6) confirmam aparentemente esta tendência. Os solos mais evoluídos não exibem tendência definida, visto que o Fe_d aumenta ou decresce em profundidade.

Fazendo-se uma análise comparativa entre os solos componentes de cada sequência, verifica-se que, apenas na sequência de Mandaguari, ocorre um aumento de Fe_d em direção aos solos mais evoluídos. Nas demais sequências esta situação não se verifica. Em Bela Vista do Paraíso, a predominância de quartzo na fração areia no perfil 4 poderia estar contribuindo para a ocorrência de teores mais baixos de Fe_d em relação aos outros perfis da sequência. Esses resultados impossibilitam, portanto, uma apreciação conclusiva a respeito do relacionamento entre conteúdo de Fe_d e estágio de evolução dos solos em estudo.

Os diferentes estádios de evolução dos solos situados na mesma sequência, porém localizados em superfícies com estabilidade distinta, tornam-se mais evidentes quando são comparados com base na relação Fe_o/Fe_d do que com os teores de ferro obtidos pelos diversos extratores (Quadro 11 - Apên-

dice 2). Esta relação, proposta por *BLUME e SCHWERTMANN (1969)*, decresce no sentido dos solos localizados nas superfícies mais estáveis. Esta tendência é interpretada como sinal de maior evolução dos solos situados nessas superfícies.

Óxidos de alumínio

O alumínio ligado aos compostos orgânicos (Al_p) apresenta uma distribuição ao longo dos perfis semelhante ao Fe_p e também decresce em profundidade (Figuras 12 a 16 e Quadro 10 - Apêndice 2). Isto sugere uma possível subordinação à distribuição do carbono no perfil o que está de acordo com os resultados obtidos por *WADA e HIGASHI (1976)*, segundo os quais o Al_p correlaciona com o teor de carbono independentemente do horizonte ou evolução do solo. O Al_p é superior ao Fe_p , o que aparentemente demonstra maior afinidade entre o alumínio e matéria orgânica. Conforme foi demonstrado por *MCKEAGUE et alii (1971)* o pirofosfato é menos específico para extração do alumínio ligado à matéria orgânica do que para o ferro. É mais razoável, portanto, admitir que foram extraídas outras formas de alumínio além daquelas ligadas exclusivamente aos compostos orgânicos.

Os teores de alumínio extraídos pelo oxalato (Al_o) revelam uma tendência generalizada em aumentar em pro-

fundidade. Em alguns solos com horizonte argílico essa forma de alumínio apresenta teores máximos nessa porção do solo o que leva a considerar uma possível translocação de Al_o .

O Al_d apresenta uma distribuição muito variável em profundidade. Nos solos pouco desenvolvidos o Al_d diminui no sentido da rocha, enquanto nos solos com acúmulo de argila no horizonte B aumenta no mesmo sentido. Nos solos com horizonte B latossólico não apresenta um comportamento consistente.

Os teores de Al_d são muito inferiores ao Fe_d . Isto implica numa relação Fe_d/Fe_t (ELLIS, 1969) superior à relação Al_d/Al_t (Quadros 11 e 12 - Apêndice 2), o que demonstra a maior susceptibilidade ao intemperismo dos compostos de ferro, visto que o alumínio está principalmente ligado aos argilo-minerais que são mais resistentes à alteração.

O alumínio, nas diversas formas extraídas, revela determinadas tendências quando são comparados os solos das sequências. Nota-se que os solos mais evoluídos mostram menores teores de Al_p e Al_o e maiores teores de Al_d e Al_t . Isto está de acordo com a opinião corrente de que o alumínio aumenta seus teores com o desenvolvimento do solo (JACKSON, 1967). O emprego da relação Al_o/Al_d (JUO et alii, 1974), também decresce no sentido dos solos mais evoluídos o que vem a confirmar um maior grau de alteração, também verificado pela

aplicação da relação Fe_o/Fe_d (Quadros 11 e 12 - Apêndice 2).

Óxidos de manganês

Os óxidos de manganês diminuem com a profundidade do solo não importando o tipo de extrator utilizado (Figuras 11 a 16 e Quadro 10 - Apêndice 2). Isto concorda com as considerações de *BLUME e SCHWERTMANN (1969)* quando argumentam da inutilidade do emprego de mais de um extrator para os óxidos de manganês por não fornecerem informações adicionais uma vez que apresentam ótima correlação entre si.

Os resultados indicam que nos solos das superfícies recentes não existe praticamente óxido cristalinos de manganês e que a cristalização aumenta com a idade da superfície. Contrariamente, o Mn_o e o Mn_p tendem a decrescerem no mesmo sentido.

6.5. Análise química pelo ataque sulfúrico

Os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 (Quadro 6) estão dentro da variação normalmente obtida para solos desenvolvidos de eruptivas básicas quando se emprega esta metodologia (VERDADE, 1961; BRASIL, 1960).

Os resultados revelam tendência no decréscimo de sílica e um aumento de alumínio no sentido dos solos situados nas superfícies mais estáveis. Este comportamento está de acordo com a mineralogia da fração argila que acusa um decréscimo nos teores de minerais de estrutura 2:1 e um incremento de caulinita e/ou gibbsita no mesmo sentido. Esta situação traduz, portanto, uma dessicatilização crescente à medida que a alteração dos solos progride. De forma idêntica, a relação k_i também decresce no mesmo sentido, confirmando os diferentes estádios de evolução que se encontram os solos nas sequências estudadas.

As relações $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ indicam uma translocação e acúmulo de alumínio no horizonte B dos solos que apresentam concentração de argila em subsuperfície confirmando, portanto, a ocorrência de transporte de colóides em profundidade.

A relação k_r , idênticamente à relação k_i , também decresce no sentido das superfícies mais recentes para as

Quadro 6 - Resultados obtidos pela análise do ataque sulfúrico da TFSA, relações ki, kr e Al_2O_3/TiO_2 .

| Hori- zonte | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | ki | Al ₂ O ₃ / TiO ₂ | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|--|---|
| PERFIL 1 - LITÓLICO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | |
| A _p | 26,7 | 15,0 | 23,9 | 3,5 | 3,0 | 3,3 | 1,0 | 1,5 |
| C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | |
| A _p | 24,5 | 16,1 | 22,6 | 3,0 | 2,6 | 4,2 | 1,1 | 1,4 |
| A ₃ | 26,0 | 17,6 | 22,4 | 3,0 | 2,5 | 4,5 | 1,2 | 1,4 |
| B ₁ | 28,4 | 19,0 | 21,1 | 3,6 | 2,5 | 5,7 | 1,4 | 1,5 |
| B _{21t} | 29,4 | 20,5 | 20,3 | 2,4 | 2,4 | 6,8 | 1,6 | 1,5 |
| B _{22t} | 32,1 | 20,2 | 21,5 | 2,5 | 2,7 | 6,3 | 1,5 | 1,6 |
| B ₃ | 34,7 | 18,7 | 21,6 | 2,6 | 3,1 | 5,5 | 1,2 | 1,7 |
| C | 36,3 | 17,0 | 20,7 | 2,6 | 3,6 | 5,2 | 1,3 | 2,0 |

Quadro 6 - Continuação.

| Hori- zonte | % | | | | ki | Al ₂ O ₃ / TiO ₂ | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|--|---|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | | | | |
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | |
| A _p | 18,9 | 13,2 | 27,0 | 4,1 | 2,4 | 2,5 | 0,7 | 1,0 |
| B _{21t} | 24,9 | 18,2 | 24,7 | 3,4 | 2,3 | 4,1 | 1,2 | 1,2 |
| B _{22t} | 27,5 | 22,3 | 22,5 | 2,8 | 2,1 | 6,1 | 1,5 | 1,3 |
| B ₃ | 25,9 | 20,0 | 23,6 | 3,3 | 2,2 | 4,8 | 1,3 | 1,3 |
| B _{3/C} | 33,8 | 20,1 | 24,4 | 2,9 | 2,9 | 5,4 | 1,3 | 1,6 |
| PERFIL 4 - LATOSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | |
| A _p | 21,3 | 20,0 | 20,1 | 2,9 | 1,8 | 5,4 | 1,6 | 1,1 |
| B ₁ | 23,3 | 22,1 | 20,7 | 2,8 | 1,8 | 6,1 | 1,7 | 1,1 |
| B ₂₁ | 23,3 | 21,8 | 20,0 | 2,9 | 1,8 | 5,9 | 1,7 | 1,1 |
| B ₂₂ | 22,8 | 21,5 | 20,7 | 2,9 | 1,8 | 5,7 | 1,6 | 1,1 |
| B ₂₃ | 23,1 | 21,9 | 20,7 | 2,9 | 1,8 | 5,8 | 1,7 | 1,1 |

- Continua -

Quadro 6 - Continuação.

| Hori- zonte | % | | | | | | | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|--|---|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | ki | Al ₂ O ₃ / TiO ₂ | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | |
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | | | |
| A _p | 27,4 | 17,3 | 26,3 | 3,1 | 2,7 | 4,3 | 1,0 | 1,4 |
| C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | | | |
| A ₁ | 21,3 | 9,9 | 21,0 | 3,8 | 3,7 | 2,0 | 0,7 | 1,6 |
| A ₃ | 25,4 | 13,8 | 21,3 | 3,8 | 3,1 | 2,8 | 1,0 | 1,6 |
| B _{21t} | 34,4 | 20,0 | 18,7 | 2,8 | 2,9 | 5,6 | 1,2 | 1,6 |
| B _{22t} | 36,0 | 19,6 | 18,9 | 2,9 | 3,1 | 5,1 | 1,6 | 1,9 |
| C | - | - | - | - | - | - | - | - |

- Continua -

Quadro 6 - Continuação

| Hori- zonte | % | | | | | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ / TiO ₂ | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|--|--|---|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | ki | | | | |
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 19,1 | 17,3 | 34,9 | 5,5 | 1,9 | 2,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| B ₁ | 20,3 | 18,1 | 34,1 | 5,3 | 1,9 | 2,7 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |
| B _{21t} | 26,8 | 23,7 | 26,3 | 3,5 | 1,9 | 5,3 | 1,4 | 1,1 | 1,1 |
| B _{22t} | 27,1 | 26,3 | 23,4 | 2,8 | 1,8 | 7,4 | 1,7 | 1,1 | 1,1 |
| B ₃ | 26,3 | 24,3 | 24,8 | 3,1 | 1,8 | 6,1 | 1,5 | 1,1 | 1,1 |
| C | 27,1 | 23,5 | 25,5 | 3,4 | 2,0 | 5,4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 24,2 | 24,6 | 24,9 | 3,9 | 1,7 | 4,9 | 1,6 | 1,0 | 1,0 |
| A ₃ | 25,1 | 25,0 | 23,5 | 4,0 | 1,7 | 4,9 | 1,7 | 1,1 | 1,1 |
| B ₂₁ | 23,2 | 24,7 | 25,0 | 4,5 | 1,6 | 4,3 | 1,6 | 1,0 | 1,0 |
| B ₂₂ | 24,5 | 28,2 | 27,7 | 4,5 | 1,5 | 4,9 | 1,6 | 0,9 | 0,9 |

- Continua -

Quadro 6 - Continuação.

| Hori- zonte | % | | | | | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|---|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Ki | | |
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | | |
| A _p | 16,6 | 12,8 | 31,6 | 5,7 | 2,2 | 1,8 | 0,8 |
| B ₁ | 24,3 | 19,9 | 27,4 | 3,8 | 2,1 | 4,1 | 1,1 |
| B _{21t} | 24,2 | 21,2 | 26,6 | 3,7 | 1,9 | 4,5 | 1,1 |
| B _{22t} | 24,3 | 21,1 | 27,8 | 3,6 | 2,0 | 4,6 | 1,1 |
| B _{23t} | 23,0 | 19,7 | 30,1 | 4,2 | 2,0 | 4,6 | 1,0 |
| B _{3/C} | 22,8 | 19,6 | 29,9 | 4,0 | 2,0 | 3,8 | 1,0 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | | |
| A _p | 24,3 | 22,7 | 24,7 | 3,4 | 1,8 | 5,2 | 1,1 |
| B ₁ | 28,5 | 26,5 | 21,8 | 2,4 | 1,8 | 8,6 | 1,2 |
| B _{21t} | 29,9 | 28,2 | 20,4 | 2,0 | 1,8 | 11,0 | 1,2 |
| B _{22t} | 28,0 | 28,6 | 19,8 | 2,0 | 1,7 | 11,2 | 1,1 |
| B _{23t} | 28,0 | 28,3 | 20,6 | 2,1 | 1,7 | 10,6 | 1,1 |

- Continua -

Quadro 6 - Continuação.

| Hori- zonte | % | | | | | Al ₂ O ₃ / TiO ₂ | Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (kr) |
|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----|--|--|---|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | ki | | | |
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | | | |
| A ₁ | 24,1 | 23,0 | 22,9 | 3,6 | 1,8 | 5,0 | 1,6 | 1,1 |
| A ₃ | 26,0 | 24,2 | 24,0 | 3,2 | 1,8 | 5,9 | 1,6 | 1,1 |
| B ₂₁ | 27,7 | 26,6 | 21,8 | 2,9 | 1,8 | 7,2 | 1,9 | 1,2 |
| B ₂₂ | 30,7 | 29,9 | 19,6 | 2,3 | 1,8 | 10,2 | 2,4 | 1,2 |
| B ₂₃ | 28,7 | 28,1 | 20,7 | 2,6 | 1,7 | 8,5 | 2,1 | 1,2 |

- Não determinado.

superfícies antigas. Nos solos das superfícies recentes a relação k_r aumenta gradativamente em profundidade, confirmando as tendências das relações k_i e Al_2O_3/Fe_2O_3 . Por outro lado, nos solos das superfícies antigas, a relação k_r não apresenta variação significativa em profundidade, indicando homogeneidade vertical e ausência de translocação de sílica, alumínio e ferro.

Com relação aos óxidos de ferro (Quadro 6), verifica-se que em Bela Vista do Paraíso o perfil 4, embora mais evoluído, apresenta os teores mais baixos de todos os solos componentes da sequência (média de 15%). Considera-se que os altos teores de quartzo nesse perfil estejam influenciando esses valores de maneira idêntica ao ferro extraído pelo ditio-nito de sódio. Nas outras sequências as porcentagens de ferro aumentam no sentido dos solos mais evoluídos, o que está de acordo com o conceito generalizado da liberação progressiva do ferro com o intemperismo (JACKSON, 1967; MOHR e VAN BAREN, 1954). Os resultados de ferro total (Quadro 10 - Apêndice 2) acompanham de uma maneira geral a tendência dos óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico.

6.6. Mineralogia da fração argila

Neste ítem os resultados serão apresentados e

discutidos segundo a posição que os solos ocupam na paisagem. Inicialmente serão abordados os solos localizados na superfície mais recente e instável (Superfície I) e, em seguida, os solos das superfícies mais antigas (Superfícies II, III e IV).

No Quadro 7 encontram-se os minerais detectados por raios X, assim como seus teores relativos estimados com base nos difratogramas, análise térmica diferencial e análises químicas. Os difratogramas foram incluídos no Apêndice 3.

Os solos da superfície I tem a fração argila representada por caulinita, montmorilonita, mica, vermiculita e material amorfo.

A caulinita apresenta picos nos espaçamentos de 7,2 e 3,5 Å de baixa resolução e um tanto quanto difusos (Figuras 25, 27, 28, 36, 38). Os resultados são indicadores de que este mineral é um dos principais componentes da fração argila da superfície considerada. De acordo com as observações de MELFI e LEVI (1971) e SCHNEIDER (1970), a presença de caulinita pode ser considerada como resultante da alteração dos minerais presentes na rocha basáltica, tais como plagioclásios e piroxênios. A caulinita também pode ser formada pela transformação da montmorilonita pois, segundo MELFI e LEVI (1971), este último mineral é instável nas condições ligeiramente ácidas e de boa drenagem que ocorrem nesses solos. Os

Quadro 7 - Composição mineralógica (%) estimativa da fração argila isenta de óxidos de ferro livres de alguns horizontes selecionados.

| Perfil nº | Horizonte | Caulinita | Gibbsita | Material amorfo | Mica | Vermiculita | Montmorilonita |
|-----------|------------------|-----------|----------|-----------------|------|-------------|----------------|
| 1 | A _p | 25 | A | 12 | 7 | 0 | 40 |
| | C | - | A | - | - | - | - |
| 2 | A _p | 30 | A | 20 | 3 | 0 | 30 |
| | B _{22t} | - | A | 30 | 3 | 2 | 30 |
| | C | - | A | 20 | 5 | 0 | 40 |
| 3 | A _p | 50 | ? | 8 | 5 | - | - |
| | B _{22t} | - | - | 25 | 6 | 0 | 0 |
| | C | - | - | 10 | 3 | - | - |
| 4 | A _p | 65 | ? | 10 | 1 | - | - |
| | B ₂₂ | - | - | 10 | 2 | 0 | 0 |
| | B ₂₃ | - | - | 30 | 1 | - | - |

- Continua -

Quadro 7 - Continuação.

| Perfil nº | Horizonte | Caulinita | Gibbsita | Material amorfo | Mica | Vermiculita | Montmorilonita |
|-----------|------------------|-----------|----------|-----------------|------|-------------|----------------|
| 5 | A _p | 30 | A | 10 | 4 | 2 | 30 |
| | C | - | A | - | - | - | - |
| 6 | A _p | 25 | A | 10 | 5 | 1 | 20 |
| | B _{22t} | - | A | 10 | 4 | 2 | 20 |
| | C | - | A | - | 3 | 1 | 30 |
| 7 | A _p | 45 | ? | 25 | 7 | 0 | 0 |
| | B _{22t} | - | - | 15 | 1 | - | - |
| | C | - | - | 10 | 2 | - | - |
| 8 | A _p | 50 | 4 | 20 | 2 | - | - |
| | B ₂₂ | - | - | 25 | 2 | 0 | 0 |

- Continua -

Quadro 7 - Continuação.

| Perfil nº | Horizonte | Caulinita | Gibbsita | Material amorfo | Mica | Vermiculita | Montmorilonita |
|-----------|------------------|-----------|----------|-----------------|------|-------------|----------------|
| 9 | A _p | 60 | 4 | 25 | 3 | - | - |
| | B _{22t} | - | - | 15 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | A _p | 50 | ? | 15 | 4 | - | - |
| | B _{22t} | - | - | 10 | 4 | 0 | 0 |
| | B _{3/C} | - | - | - | 4 | - | - |
| 11 | A _p | 50 | 15 | 20 | 5 | - | - |
| | B ₂₂ | - | - | 20 | 2 | 0 | 0 |
| | B ₂₃ | - | - | 20 | 3 | - | - |

A = Não detectada por raios X.

- = Não determinado.

difratogramas permitem notar a tendência dos picos característicos da caulinita apresentarem-se mais definidos e intensos no sentido dos horizontes superficiais.

Este comportamento sugere elevação dos teores de caulinita no mesmo sentido, possivelmente em decorrência da alteração da montmorilonita, devido a maior intensidade de intemperismo nas porções superiores do solo.

O maior desenvolvimento dos perfis 2 e 6 em relação aos perfis 1 e 5, evidenciado pelo exame das demais características discutidas em itens anteriores, aparentemente também se reflete nos teores de caulinita, os quais são superiores nos dois primeiros perfis (Quadro 7).

A presença de vermiculita foi constatada no perfil 6 (Figura 39) através de um pico de pequena intensidade no espaçamento de 14 Å, que se altera para 10 Å com aquecimento. A sua ocorrência pode ser interpretada como resultado de transformação da mica, de acordo com as considerações de *MONIZ e JACKSON (1967)*. O baixo teor deste mineral é uma indicação que, mesmo em solos jovens derivados de basalto, é uma fase intermediária para caulinita e quantitativamente de pequena expressão.

A mica foi diagnosticada por picos nos espaçamentos de 10, 5 e 3,3 Å que permanecem sem alteração em todos os tratamentos (Figuras 27, 38, 39). Os teores deste mineral

são inferiores a 10% (Quadro 7). Os baixos teores de mica nos solos derivados de rochas basálticas são explicados por *MONIZ e JACKSON (1967)* como consequência da pequena quantidade de K_2O que essas rochas possuem.

A montmorilonita apresenta picos intensos a 18 Å nas amostras submetidas à glicolação, constituindo-se um dos principais minerais dos solos da superfície I (Figuras 27, 29, 37). Os difratogramas possibilitam a indicação de que a quantidade deste mineral diminui da rocha alterada para os horizontes de superfície. Isto pode ser considerado como função de sua transformação em caulinita, uma vez que os picos deste mineral aumentam de intensidade no mesmo sentido. Na rocha alterada - horizonte C - do perfil 1, a análise por raios X diagnosticou apenas a presença de montmorilonita (Figura 26). No horizonte superficial deste mesmo perfil a diminuição da intensidade do pico correspondente à montmorilonita é acompanhada pelo aparecimento de um pico difuso de caulinita (Figura 25). Aparentemente este fato é uma evidência da sequência de alteração rocha-montmorilonita-caulinita. De acordo com as observações de *MELFI e LEVI (1971)* e *MONIZ et alii (1973)* parece existir uma fase amorfa, intermediária entre a rocha e a montmorilonita, a partir da qual se originaria este mineral.

Os solos da superfície II apresentam uma mineralogia com predominância de caulinita e material amorfo. Se-

cundariamente aparecem a mica, montmorilonita, vermiculita, vermiculita-cloritizada e gibbsita (Quadro 7 e Figuras 30, 32, 40 e 46). A caulinita apresenta teores mais elevados que os solos da superfície I, conforme pode-se verificar no Quadro 7 e difratogramas. Possivelmente os aumentos nos teores de caulinita sejam devidos à dessilicatização dos minerais que antecedem na sequência de intemperismo proposta por JACKSON *et alii* (1948), assim como pela alteração de minerais primários como plagioclásios e piroxênios. A gibbsita não foi detectada nos solos da superfície I. O mecanismo dominante na formação da gibbsita segundo JACKSON (1965) é a dessilicatização da caulinita. Este processo é considerado como o responsável pela presença deste mineral em alguns perfis da superfície II (Figuras 41, 42).

A presença de vermiculita-cloritizada foi constatada pela presença de pico no espaçamento de $14,7 \text{ \AA}$ que ao ser submetido a aquecimento originou uma banda na região entre 10 e 14 \AA (Figura 42). A formação deste mineral é explicada pela intercalação de hidróxido de alumínio entre as camadas de vermiculita, o que lhe proporciona grande estabilidade frente ao intemperismo (JACKSON, 1964). No Brasil este mineral tem sido constatado com frequência em solos ácidos e evoluídos (DEMATTE e HOLOWAYCHUK, 1977; LEPSCH *et alii*, 1977).

Um estágio mais avançado de alteração desses solos, comparativamente aos da superfície I, pode ser inferi-

do principalmente pela presença de gibbsita, teores mais elevados de caulinita e presença de vermiculita-cloritizada. Esta mineralogia é aparentemente indicativa da ocorrência de um processo de dessilicatização, conforme conceituado por JACKSON (1964). Na superfície II este processo é favorecido pelas condições mais suaves de relevo possibilitando uma melhor drenagem, assim como por um maior tempo de exposição desta superfície ao intemperismo e lixiviação.

Os perfis amostrados na superfície II estão provavelmente em diferentes estádios de alteração. Esta interpretação é fundamentada na ausência de gibbsita no perfil 3 e 10 e ocorrência deste mineral no perfil 7. Embora os difratogramas (Figuras 41 e 42) mostrem pico definidos de gibbsita, este mineral não foi constatado por análise térmica diferencial, em cujos termogramas o pico endotérmico a 350°C, diagnóstico da gibbsita, encontra-se ausente, possivelmente por defeito técnico no aparelho (Figura 18).

Trabalhos efetuados em solos similares aos da superfície II (MONIZ e JACKSON, 1967; ANDRADE *et alii*, 1976; MONIZ e CARVALHO, 1973) indicam predominância de caulinita e alofana sendo que a gibbsita pode estar presente ou ausente. Os demais minerais como mica, vermiculita e montmorilonita apresentam teores baixos ou não ocorrem. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam, pelo menos de uma forma qualitativa, os dados encontrados pelos citados autores.

Na superfície III, cujo representante é o perfil 9, são encontrados caulinita, gibbsita e vermiculita-cloritizada (Figuras 46 e 47). Tomando-se os teores de caulinita e gibbsita como índice de intemperismo, a semelhança do que foi feito por *MONIZ e CARVALHO (1973)*, verifica-se que este perfil possui um maior conteúdo nesses minerais em relação aos solos da superfície II, o que pode ser um sinal de um estágio de alteração mais avançado. A presença de um horizonte de subsuperfície com características latossólicas é uma confirmação dos resultados indicados pela mineralogia da fração argila.

Na bibliografia disponível não foi encontrada referência a estudos mineralógicos em solos similares ao da superfície III e desenvolvidos de rochas eruptivas básicas. Solo semelhante ao perfil 9 foi caracterizado por *ANDRADE et alii (1976)* no Estado de Mato Grosso, cujo material de origem foi considerado como rochas calco-dolomíticas. A análise mineralógica desse perfil de Mato Grosso indica teores mais baixos de caulinita e gibbsita, o que aparentemente pode ser tomado como indicação de um estado de evolução inferior ao apresentado pelo perfil representante da superfície III.

Nos solos da superfície IV foi constatada dominância de caulinita e material amorfo, seguido de gibbsita, vermiculita-cloritizada e mica (Quadro 7 e Figuras 33, 44, 45, 52 e 53). Entre esses solos, o perfil 4, de Bela Vista do

Paraíso, é o único em que não foi detectada a presença de gibbsita (Figuras 33, 34 e 35). Tal fato pode ser devido a um menor estágio de alteração em relação aos demais perfis ou pela presença de quartzo na fração areia, provendo alto conteúdo de sílica em solução, de forma a retardar a dessilificação da caulinita e impedindo a formação de gibbsita, de acordo com as considerações de *KITTRICK (1977)*. *GOEDERT (1976)*, atribui a presença de quartzo como responsável pela ausência de gibbsita em solos similares do Rio Grande do Sul.

Solos semelhantes aos estudados na superfície IV foram pesquisados por diversos autores (*MONIZ e JACKSON, 1967*; *CARVALHO e MONTGOMERY, 1971*; *ANDRADE et alii, 1976*), e indicam predominância de caulinita, gibbsita e material amorfo. De uma maneira geral, fazendo-se ainda excessão ao perfil 4, os dados obtidos no presente estudo parecem indicar se melhança mineralógica entre esses solos com excessão daqueles localizados em Ribeirão Preto, cujos teores de gibbsita atingem valores de até 50%, o que é indicativo de um estágio superior de alteração.

O comportamento da caulinita, nas três sequências estudadas, confirma as tendências observadas em solos similares, principalmente Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada; aumenta progressivamente para os solos mais alterados até um determinado ponto quando inicia a decrescer com consequente aparecimento da gibbsita (Figuras 17, 18 e 19).

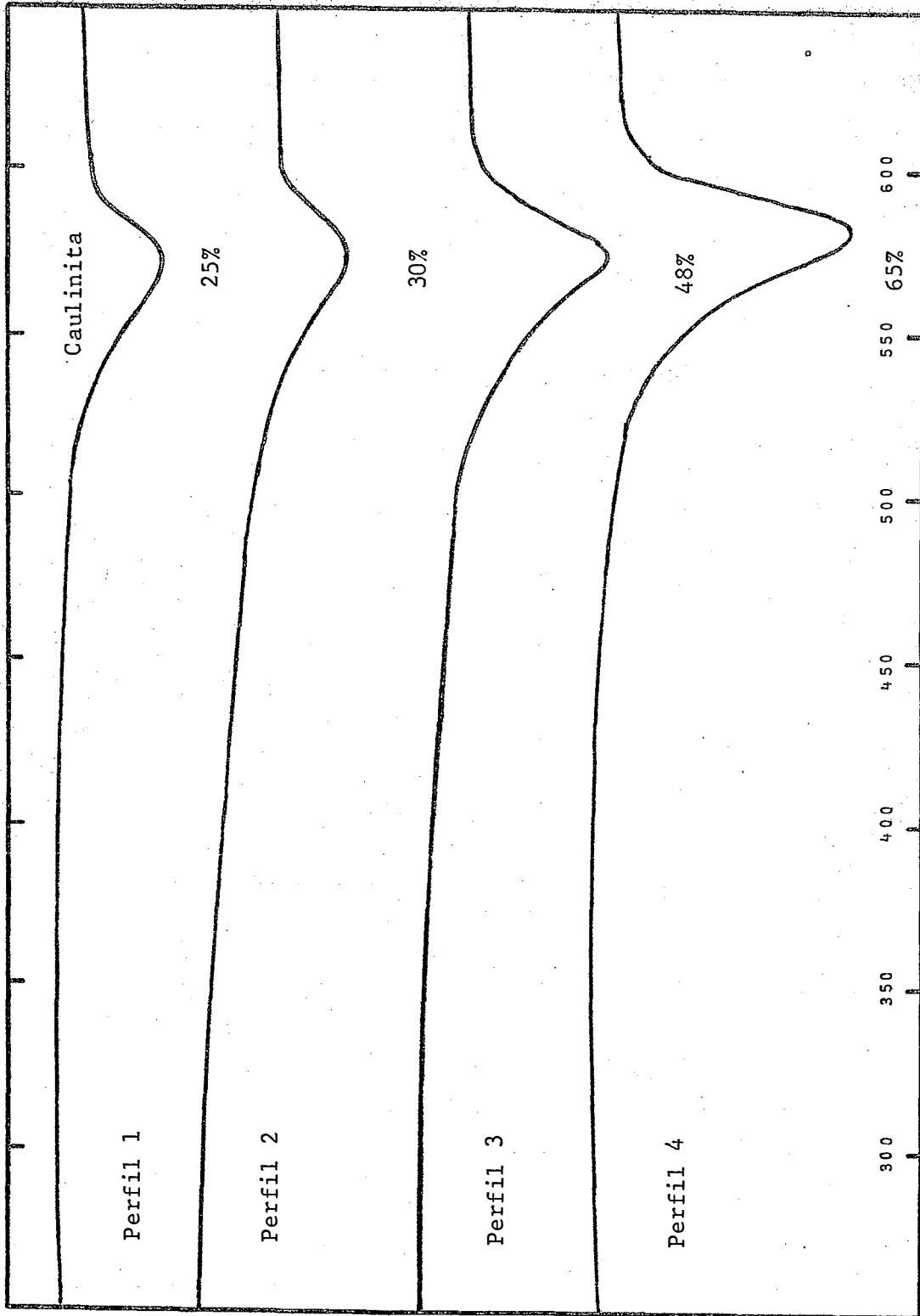
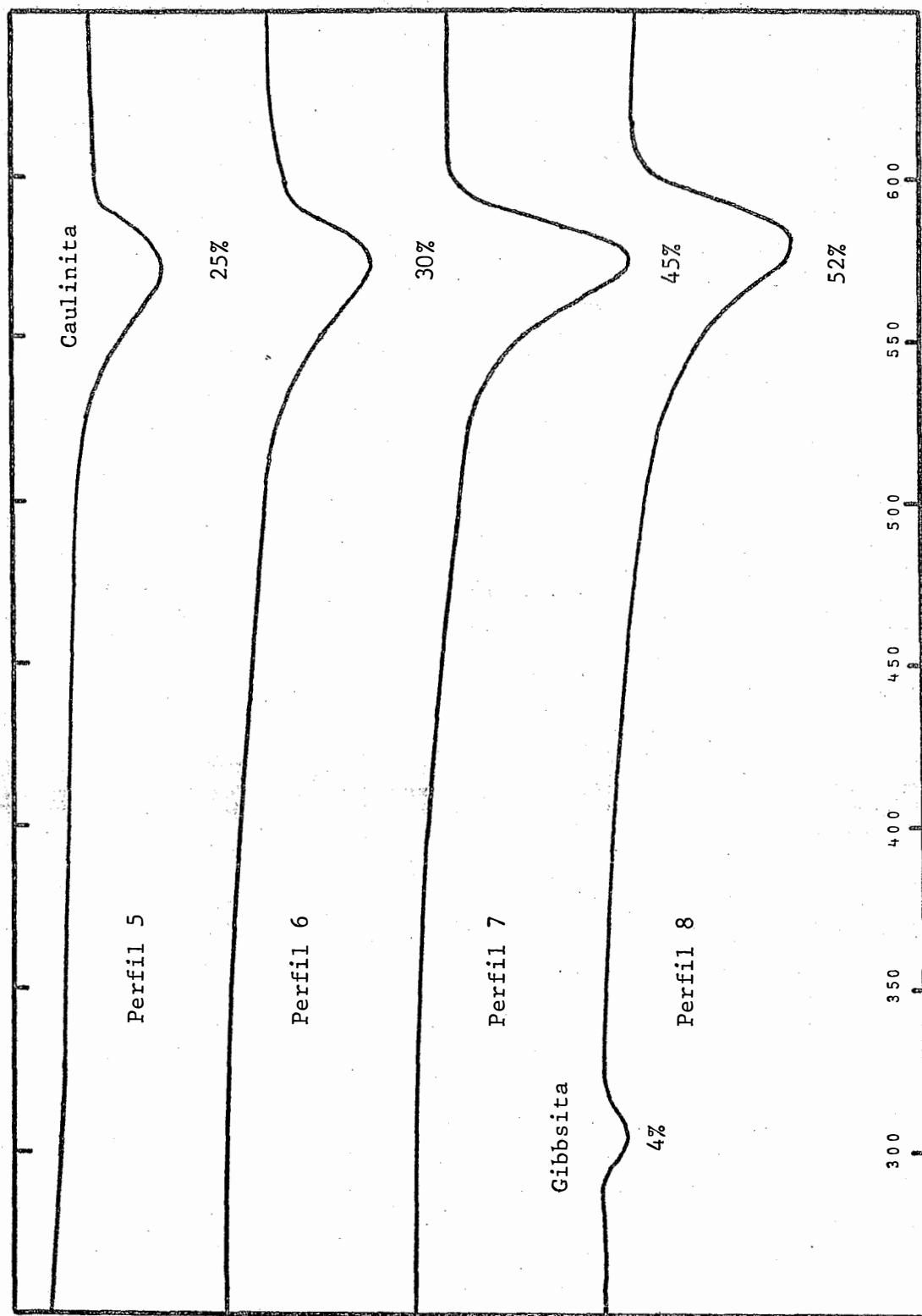


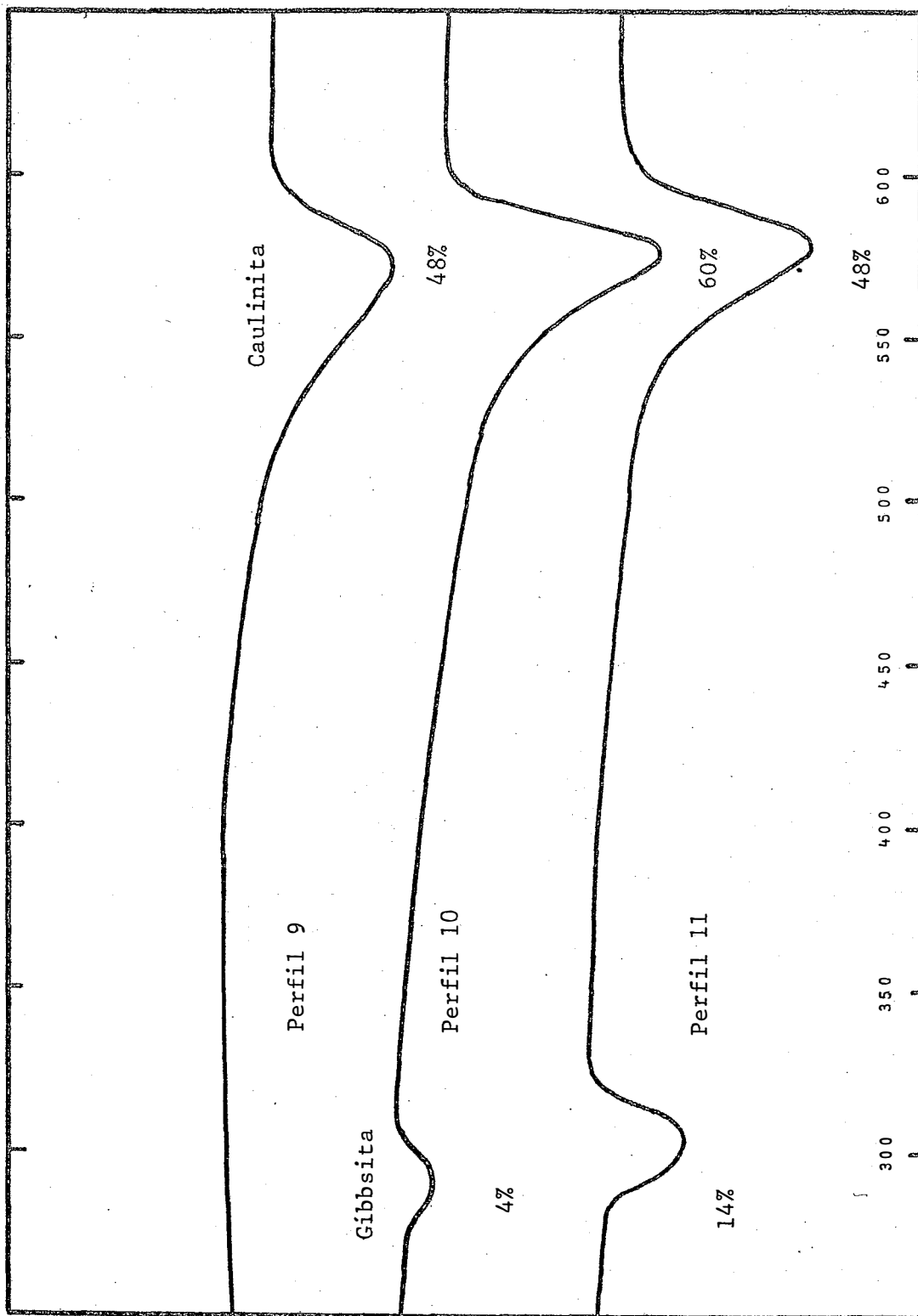
Figura 17 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da sequência de Bela Vista do Paraíso.

Graus centígrados



Graus centígrados

Figura 18 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da sequência de Mandaguari.



Graus centígrados

Figura 19 - Termogramas da fração argila dos horizontes superficiais dos perfis componentes da sequência de Medianeira.

Analisando-se comparativamente a mineralogia dos solos estudados pode-se notar diferentes composições dos minerais da fração argila. Essa diferença na composição mineralógica pode ser interpretada como uma evolução desta fração refletindo diferentes estádios de alteração. Esses diferentes graus de intemperismo são atribuídos à diferença na idade relativa e estabilidade das superfícies nas quais os solos estão localizados. Os resultados obtidos indicam que, da superfície I para a superfície IV, ocorre uma intensificação do processo de alteração em decorrência das superfícies mais antigas terem estado sujeitas a um maior tempo de exposição aos processos de intemperismo e lixiviação.

6.7. Mineralogia das frações silte e areia fina

A análise por difração de raios X do silte (Figuras 21 e 22, Apêndice 3) possibilitou constatar o quartzo em quase todas as amostras analisadas. A caulinita foi constatada nos perfis 3 e 10. A mica e minerais interestratificados foram detectados no perfil 2 e no horizonte C do perfil 3. O feldspato ocorreu apenas nos solos menos evoluídos (Perfil 2). No perfil 11, considerado um solo em avançado estado de evolução, verificou-se apenas a presença de quartzo, magnetita e hematita. Esses resultados evidenciam um maior intem-

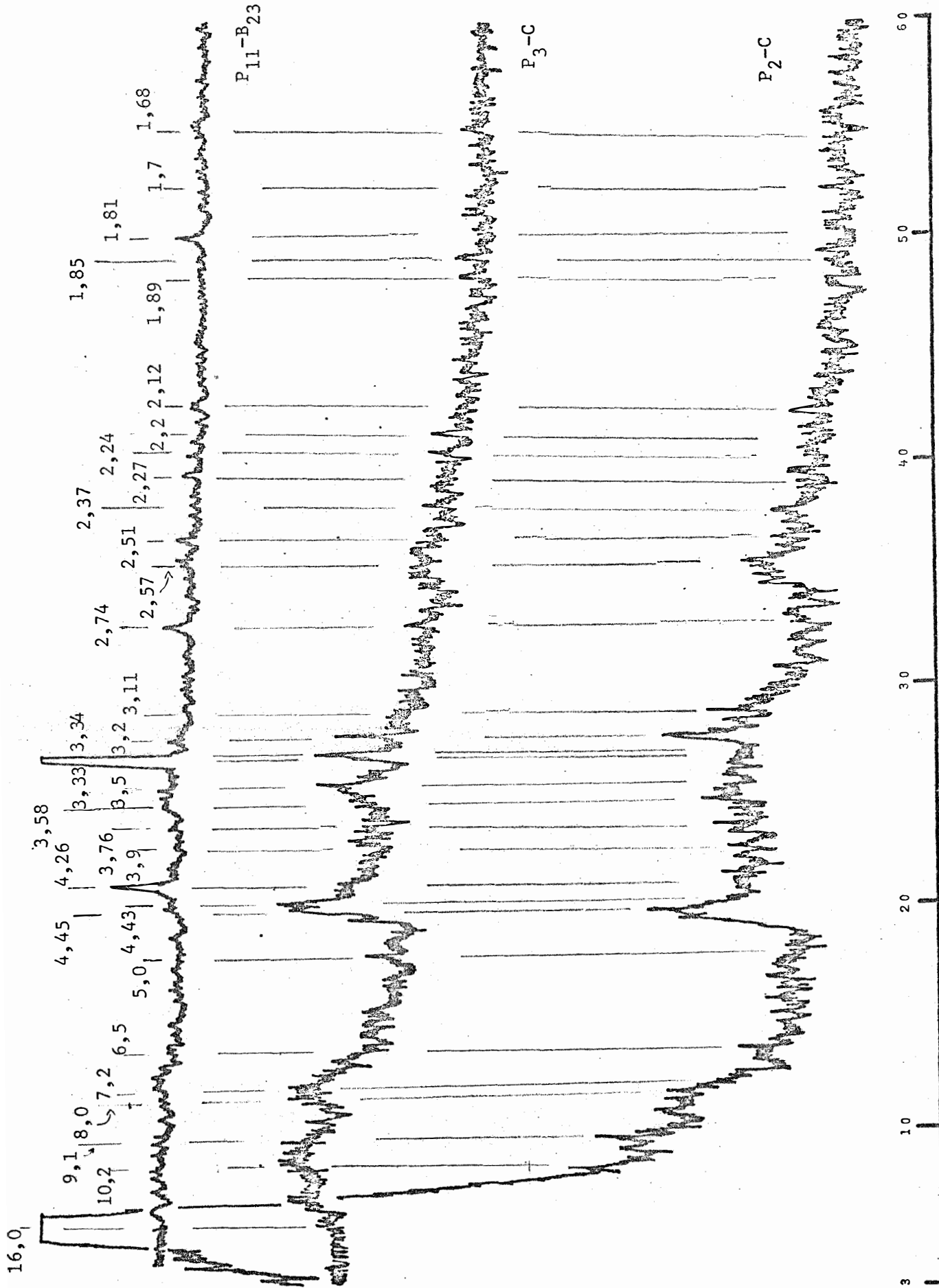


Figura 21 - Difratoograma da fração silte de horizontes selecionados dos perfis 2, 3 e 11.

Gravado em 20

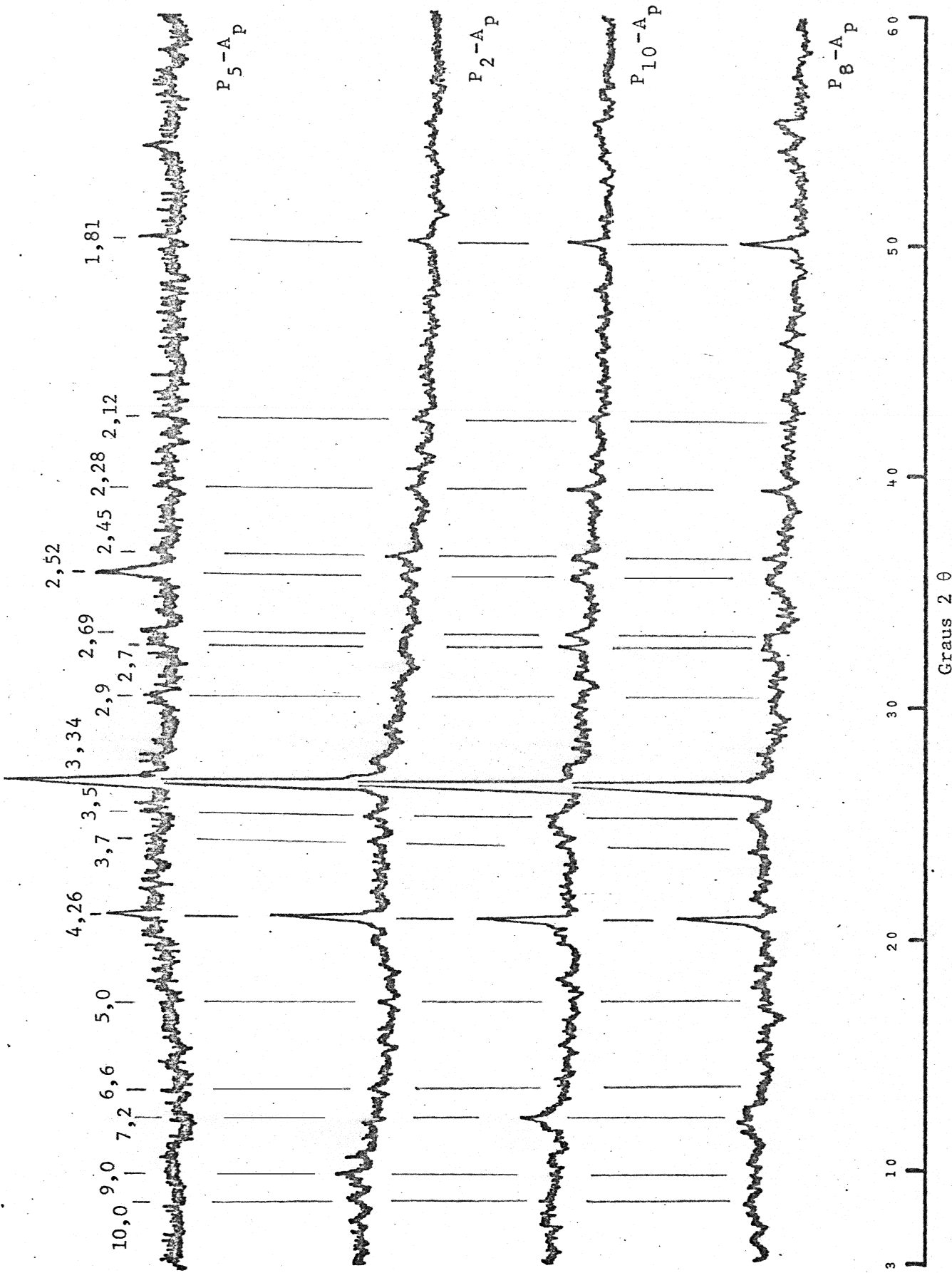


Figura 22 - Difratograma da fração silte de horizontes selecionados dos perfis 2, 5, 8 e 10.

perismo da fração silte no sentido dos solos mais evoluídos e situados nas superfícies mais estáveis. O feldspato, considerado pouco resistente à alteração, foi encontrado nos solos das superfícies instáveis o que demonstra aparentemente uma menor agressividade de intemperismo.

A areia dos perfis de Bela Vista do Paraíso é constituída predominantemente pela fração leve (Quadro 8), na qual o quartzo é o mineral predominante conforme mostrou o exame microscópico, apresentando-se com formato arredondado. O fato desta sequência situar-se nas proximidades de manchas de arenito Caiuá (Figura 1), no qual os grãos de quartzo também são arredondados (*SCORZA, 1952*), sugere ser o mesmo a fonte de material quartzoso nesses perfis. Em menor proporção aparecem feldspato, magnetita, ilmenita e concreções hematíticas. Nos solos das outras sequências os minerais pesados são predominantes, conforme mostra o Quadro 8, em que o perfil 8 é tomado como exemplo. Nas sequências de Mandaguari e Media-neira o quartzo, quando presente, não é arredondado sendo, provavelmente um produto de silicificação secundária, conforme observaram *SCHNEIDER (1970)* e *SARTORI et alii (1975)* em estudos mineralógicos de rochas basálticas do Paraná e Rio Grande do Sul. O feldspato foi constatado em pequenas quantidades no horizonte C do perfil 5 (Figura 23), situado na superfície mais instável. Nos demais perfis predominaram magnetita, hematita e ilmenita e não foram notados minerais considerados

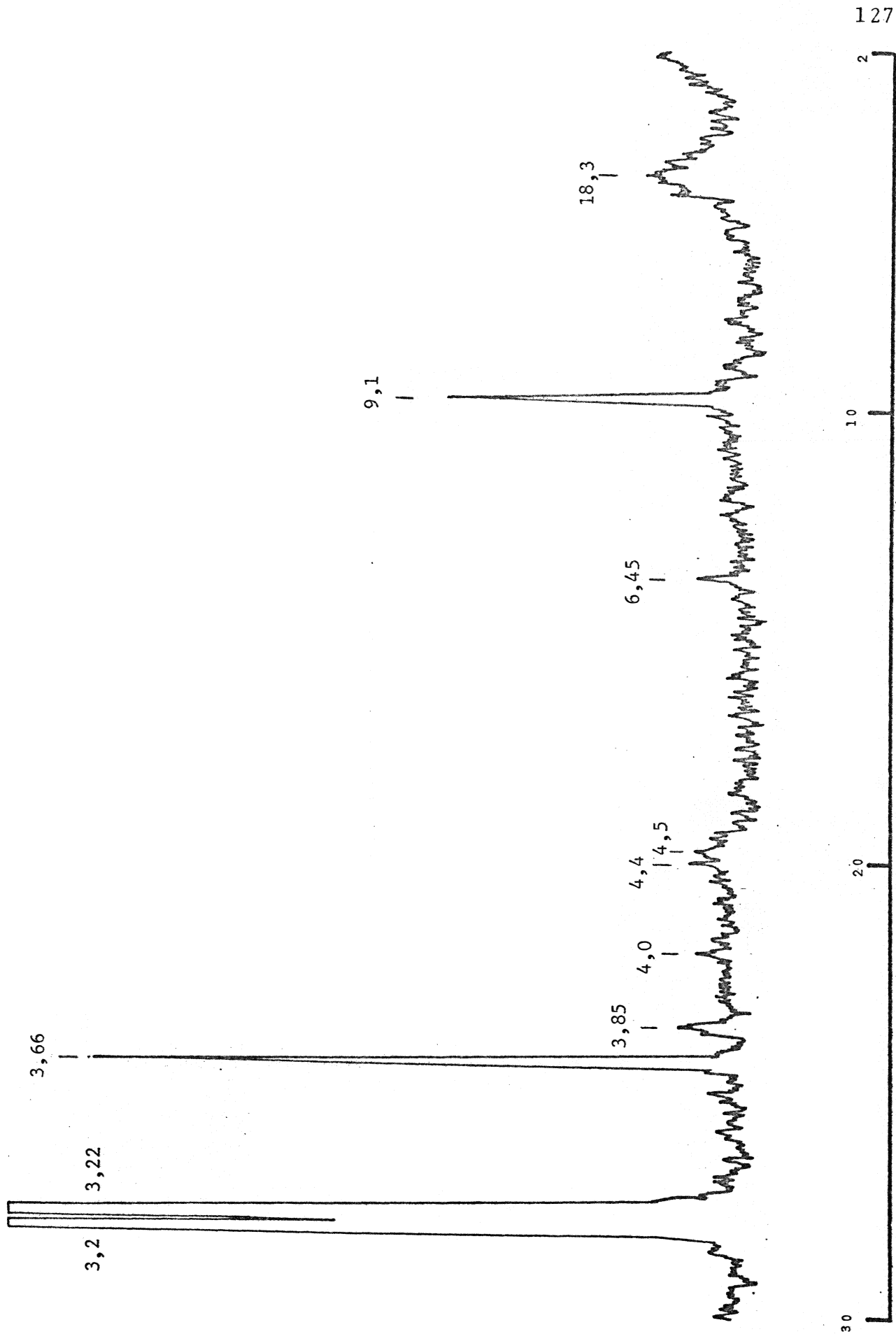


Figura 23 - Difratoograma da fração areia fina do horizonte C do perfil 5.

Quadro 8 - Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia fina de horizontes selecionados de alguns perfis das sequências de Bela Vista do Paraíso e Mandaguari.

| Perfil nº | Hori- zonte | Sequência | Fração leve | Fração pesada |
|--------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------------|
| | | | % | |
| 2 | C | Bela Vista do Paraíso | 80,0 | 20,0 |
| 3 | A _p | Bela Vista do Paraíso | 68,0 | 32,0 |
| 3 | C | Bela Vista do Paraíso | 83,0 | 17,0 |
| 4 | B ₂₃ | Bela Vista do Paraíso | 88,0 | 12,0 |
| 8 | A _p | Mandaguari | 18,0 | 82,0 |

facilmente intemperizáveis. Nos difratogramas apresentados na Figura 24 são identificados os minerais que ocorrem em alguns dos perfis estudados.

6.8. Micromorfologia

Foram examinadas seções delgadas de horizontes selecionados (horizonte B) dando-se ênfase aos seguintes aspectos: classificação do fundo matricial, estrutura de base, vazios e feições pedológicas. Todas estas características foram classificadas de acordo com *BREWER (1964)*.

O fundo matricial dos perfis de Brunizem Avermelhado está caracterizado por uma estrutura ligeiramente insépica, podendo ter áreas com concentrações de uma estrutura vosépica. Entretanto, apesar da estrutura ser predominantemente insépica, ela aparentemente apresenta uma tendência para undúlica. A grande quantidade de material orgânico presente (material isótopo) tende a escurecer sensivelmente a estrutura plasmática. A estrutura do fundo matricial da Terra Roxa Estruturada já é sensivelmente insépica, com um grande domínio asépico, e um plasma fracamente ou não orientado. Na Terra Roxa Estruturada Latossólica, apesar de ter também um fundo matricial insépico, existem muitas áreas vo-mosépicas. Fi-

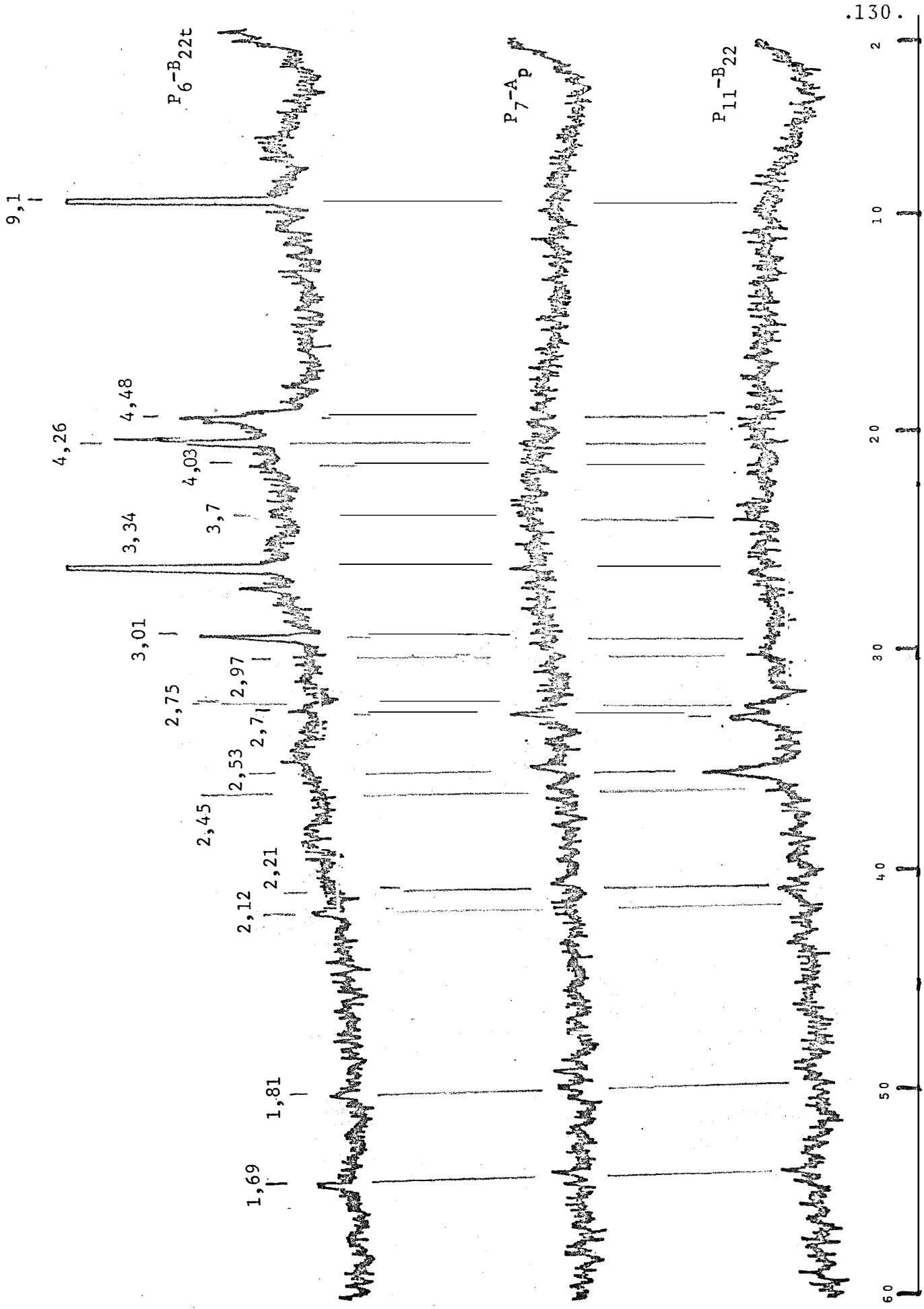


Figura 24 - Difractograma da fração areia fina de horizontes selecionados dos perfis 6, 7 e 11.

nalmente, os perfis de Latossol Roxo possuem uma estrutura plasmática predominantemente undúlica.

A estrutura de base para todos os horizontes examinados é porfirosquélica, isto é, o esqueleto encontra-se distribuído dentro da massa plasmática sem ligações com concentrações plásmicas.

No Brunizem Avermelhado, os vazios são normalmente orto, entretanto, as fissuras demonstram a ocorrência de tensões, possivelmente relacionadas com a presença de minerais de argila expansíveis. Esta ocorrência tende a desaparecer nos demais solos. Os vazios são de uma maneira geral de empacotamento simples mesmo para a Terra Roxa Estruturada. Entretanto, na Terra Roxa Latossólica existe uma tendência dos vazios serem macrovazios de empacotamento composto e nos Latossolos Roxos serem essencialmente macrovazios de empacotamento composto.

Nos perfis de Terra Roxa Estruturada e principalmente, na Terra Roxa Estruturada Latossólica, ocorrem os meta "skew planes" em grande quantidade. No Latossol Roxo, as fissuras foram também classificadas como orto, da mesma forma que o Brunizem Avermelhado, porém sem material orientado em suas paredes.

Em relação às feições pedológicas existe também uma diferenciação entre os grupos de solos constituintes

das toposequências. No grupo dos perfis representativos dos Brunizens Avermelhados, a presença de cutans iluviais é muito pequena e estão associados aos vazios porém de uma maneira descontínua e esporádica, não preenchendo totalmente a parede dos canais. Entretanto, é muito frequente a presença de material argiloso de aspecto laminar despreendendo-se das paredes dos canais. Isto leva a crer que seja material da mesma natureza que o fundo matricial e está presentemente destacando-se deste, provavelmente por ação das forças de contração e expansão comuns neste solo. A presença de cerosidade abundante, constatada através de exame morfológico no perfil, não corresponde ao que foi observado nas lâminas que evidenciam pequena quantidade de cutans iluviais. Provavelmente, o que foi descrito como cerosidade abundante sejam superfícies de pressões que estão muito evidenciadas nas lâminas.

O esqueleto está representado por grânulos de quartzo, de formatos irregulares, minerais opacos e por minerais primários intemperizáveis. A presença de pápulas, neste solo, foi atribuída ao intemperismo "in situ" de tais minerais (*BREWER, 1972*). Todas as lâminas examinadas evidenciaram um revestimento relativamente grande de material orgânico.

Por outro lado, apesar da Terra Roxa Estruturada possuir horizonte argílico mais espesso e com mais cerosidade que o Brunizem Avermelhado, a quantidade de cutans iluviais encontrados nas seções delgadas é pequena, porém supe-

riores ao segundo solo. Na Terra Roxa Estruturada não foi constatada a ocorrência das laminações (escamações) nas paredes dos canais, muito comum no Brunizem Avermelhado. Segundo *PEDRO et alii* (1976) a cerosidade da Terra Roxa Estruturada é provavelmente originada por compressões.

O esqueleto está constituído essencialmente por grânulos de quartzo e minerais opacos. A concentração de material orgânico é bem menor comparativamente com o Brunizem Avermelhado.

A Terra Roxa Estruturada Latossólica, presente apenas na sequência de Bela Vista do Paraíso, possui feições pedológicas transicionais para os Latossolos Roxos. Diferente destes, quanto à presença de grande quantidade de cutans iluviais associados às paredes dos canais. O esqueleto é constituído essencialmente de grânulos de quartzo, minerais opacos e minerais resistentes ao intemperismo.

Finalmente, os Latossolos Roxos apresentam feições pedológicas totalmente distintas dos demais solos estudados. Os cutans iluviais já não estão mais presentes, ocorrendo apenas cutans de difusão. Como componentes do esqueleto os grânulos de quartzo, minerais opacos e nódulos de sexquióxidos são os mais frequentes.

De uma maneira geral, pode-se observar que existe uma variação das características micromorfológicas no sen-

tido dos perfís localizados nas superfícies mais jovens para as mais antigas. Assim é que, a presença de "escamações", motivadas pela expansão e contração, somente foram detectadas nos perfís de Brunizens Avermelhados. A quantidade de cutans iluviais é pequena no Brunizem Avermelhado, aumentando nas Terras Roxas Estruturadas e principalmente na Terra Roxa Estruturada Latossólica, para desaparecerem nos Latossolos Roxos. Este relacionamento não está entretanto de acordo com as descrições morfológicas, principalmente no que diz respeito à presença de cerosidade abundante no horizonte B dos Brunizens e Terra Roxa Estruturada. O esqueleto varia sensivelmente entre esses solos sendo que nos Brunizens a presença de minerais primários intemperizáveis é constante, minerais estes que diminuem nas superfícies mais estáveis e antigas. Os vazios são de uma maneira geral do tipo de empacotamento simples nos Brunizens, tendendo para os macrovasios de empacotamento composto nos Latossolos Roxos. A estrutura plasmática nos Brunizens é essencialmente insépica, com áreas de estrutura vossépica; nas Terras Roxas Estruturadas essa estrutura é assépica a fracamente insépica, passando para vo-mosépicas na Terra Roxa Estruturada Latossólica e, finalmente, para undúlica nos perfís de Latossol Roxo. Tais resultados de evolução da estrutura plasmática acompanham as tendências observadas por *ESWARAN (1972)*.

6.9. Classificação dos solos

Classificação de acordo com o sistema americano (E.U.A., 1975)

As características apresentadas pelos perfis estudados permitem classificá-los em três ordens: Molissol, Alfissol e Oxissol. Os perfis 4, 8 e 11 possuem epipedon ócrico sobre um horizonte óxico o que permite enquadrá-los na ordem Oxissol. O fato de possuírem regime de umidade údico e perúdicico possibilita relacioná-los com a subordem Orthox. Na categoria imediatamente inferior o perfil 4 admite colocação como Haplorthox, devido à sua baixa saturação em bases, enquanto que os perfis 8 e 11, com alta saturação em bases, são classificados como Eutrorthox. Os perfis 3, 7, 9 e 10 apresentam um epipedon ócrico sobre um horizonte argílico e uma alta saturação em bases possibilitando classificá-los na ordem Alfissol. Os regimes údico (Perfil 3) e perúdicico (Perfis 9 e 10) permitem que sejam enquadrados na subordem Udalf e no grande grupo Paleudalf. Os perfis 1, 2, 5 e 6 possuem epipedon mólico sobre horizonte argílico (Perfis 2 e 6) ou somente o epipedom mólico sem horizonte de subsuperfície (Perfis 1 e 5) o que justifica colocá-los na ordem Molissol. Os perfis 1 e 2, com regime de umidade údico e os perfis 5 e 6, com regime perúdicico são enquadrados na subordem Udoll. Os perfis 2 e 6 aparentemente admitem enquadramento no grande grupo Argiudoll.

Por apresentarem somente o horizonte mólico e contato paralítico os perfís 1 e 5 foram colocados no grande grupo Hapludoll.

No Quadro 9 é apresentada a classificação até o nível de família.

Classificação de acordo com o sistema brasileiro (BRASIL, 1975 a)

Em nível elevado os perfís investigados podem ser enquadrados nas seguintes classes: solos com horizonte B latossólico (Perfís 4, 8 e 11), solos com horizonte B textural (Perfís 2, 3, 6, 7, 9 e 10) e solos pouco desenvolvidos (Perfís 1 e 5).

O fato de possuírem horizonte B latossólico, serem originados de rochas básicas, apresentarem teor de Fe_2O_3 superior a 18% e cor vermelha (2,5YR) permite que os perfís 4, 8 e 11 sejam classificados como Latossolos Roxos.

Os perfís 3 e 7 são classificados como Terra Roxa Estruturada por apresentarem horizonte B textural, teor de Fe_2O_3 superior a 18%, rocha básica como material de origem, argila de baixa atividade e cor vermelha (2,5YR). O Perfil 10, por possuir características intermediárias entre Terra Roxa Estruturada e Latossol Roxo foi enquadrado como Terra Roxa Es

Quadro 9 - Classificação dos perfis segundo o sistema americano de classificação de solos (E.U.A., 1975).

| Perfil nº | C l a s s i f i c a ç ã o |
|--------------|--|
| 1 | Lithic Hapludoll argiloso fino, misto, hipertérmico. |
| 2 | Typic Argiudoll argiloso muito fino, misto, hipertérmico. |
| 3 | Rhodic Paleudalf argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 4 | Tropeptic Haplorthox argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 5 | Lithic Hapludoll argiloso fino, misto, hipertérmico |
| 6 | Typic Argiudoll argiloso fino, misto, hipertérmico. |
| 7 | Rhodic Paleudalf argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 8 | Tropeptic Eutrorthox argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 9 | Rhodic Paleudalf argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 10 | Rhodic Paleudalf argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |
| 11 | Tropeptic Eutrorthox argiloso muito fino, oxídico, hipertérmico. |

triturada Latossólica.

A presença de um horizonte B textural, horizonte A chernozêmico, argila de alta atividade, alta saturação em bases e cor vermelha permitiram a classificação dos perfis 2 e 6 como Brunizens Avermelhados.

Os perfis 1 e 5 foram classificados como Solos Litólicos por possuírem sequência de horizontes A, C, R e serem rasos.

Os perfis foram classificados detalhadamente no Apêndice 1 (Descrições morfológicas), levando-se em consideração os critérios para a subdivisão das unidades e para separação em fases.

7. CONCLUSÕES

O estudo pedológico de três topossequências de solos desenvolvidos de rochas básicas permitiu algumas conclusões sobre a caracterização dos diferentes pedons e sobre a evolução das características morfológicas, granulométricas, químicas e mineralógicas.

As topossequências são constituídas por três superfícies fisiográficas de idades relativas distintas, as quais mostraram estar relacionadas com os solos estudados. Nas superfícies antigas (Superfície IV), mais estáveis e lixiviadas, situam-se os solos com horizonte B latossólico; nas superfícies recentes (Superfície I), devido ao caráter de maior instabilidade e conseqüentemente de menor lixiviação, localizam-se solos pouco desenvolvidos e rasos e solos com B textural com argila de alta atividade; finalmente, nas superfícies intermediárias (Superfície II), de estabilidade relativa, desenvolvem-se solos com horizonte B textural espesso e com ar-

gila de baixa atividade.

Basicamente, as diferenças entre o Latossol Roxo, a Terra Roxa Estruturada e o Brunizem Avermelhado são devidas à posição que ocupam no relevo. O Latossol Roxo, por ocupar áreas planas e antigas, está sujeito a uma maior lixiviação e intemperismo; as condições de relevo acidentado do Brunizem Avermelhado propiciam menor intensidade na atuação desses processos, enquanto que a Terra Roxa Estruturada pode ser colocada numa situação intermediária.

O decréscimo das frações grosseiras e aumento da fração argila no sentido dos solos mais evoluídos são considerados como decorrência do crescente grau de alteração.

As características químicas como a CTC, saturação de bases e índice k_i decrescem no sentido dos solos das superfícies mais antigas indicando intemperismo e lixiviação crescentes.

A gênese dos minerais secundários é altamente influenciada pelas condições de relevo e lixiviação.

A montmorilonita, encontrada nos solos das superfícies mais instáveis (Solos Litólicos e Brunizem Avermelhado), origina-se provavelmente dos piroxênios. Com a mudança das condições físico-químicas este mineral desaparece nos solos mais intemperizados e lixiviados (Terra Roxa Estruturada

e Latossol Roxo), alterando-se para caulinita e hidróxido de ferro.

A caulinita é provavelmente originada por duas vias principais: a primeira pelo intemperismo dos plagioclásios evidenciado pela presença deste mineral na rocha alterada; a segunda pela transformação de um mineral 2:1 (montmorilonita, mica ou vermiculita) o que é sugerido pelo aumento da caulinita na direção dos solos mais intemperizados e decréscimo dos minerais 2:1.

A vermiculita forma-se pela alteração da mica e evolui para vermiculita - cloritizada ou caulinita.

A gibbsita, encontrada no Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada é, provavelmente, originada pela dessilicificação da caulinita.

A hematita, forma-se a partir da alteração dos piroxênios e montmorilonita.

Os diferentes graus de alteração dos solos estudados são também refletidos na fração areia que é dominada principalmente pela magnetita e concreções hematíticas. O feldspato somente aparece em pequenas quantidades nos solos das superfícies recentes. A ocorrência de altos teores de quartzo em alguns perfis foi considerada como contribuição de outros materiais.

À medida que os perfis evoluem nas topossequências os óxidos amorfos, principalmente de ferro e alumínio, decrescem, enquanto que os cristalinos aumentam, evidenciando a influência do tempo na cristalização desses minerais. Nesse mesmo sentido o ferro ligado aos silicatos decresce mostrando a transformação do ferro existente na rede dos silicatos para ferro amorfo e, finalmente, ferro cristalino.

Aparentemente as variações climáticas não influenciaram significativamente nas propriedades dos solos. Assim é que, tanto em regime údico ou perúdic, as sequências e características dos solos são as mesmas. A presença de uma estação seca, longa e definida, parece não se constituir num elemento obrigatório para a formação do horizonte argílico pois, mesmo com grandes excedentes hídricos ocorre a sua formação. Os pequenos intervalos secos, são aparentemente suficientes para a paralização das argilas.

Forças de contração e expansão são provavelmente fatores que impedem a formação de cutans iluviaais e são responsáveis pela abundante cerosidade nos Brunizens Avermelhados.

Ocorre uma variação das características micro morfológicas que é expressa principalmente em relação ao tipo de estrutura plasmática.

8. SUMMARY

Three soil sequences developed over basalt of the third plateau of the State of Paraná were studied. These soils representing various genetic stages were characterized by morphologic, chemical, granulometric, mineralogical and micromorphological methods. The main objectives were the study of pedological characteristics and their evolution and the relationship between the soils and their position in the landscape.

Three physiographic surfaces of different relative age were selected and these indicated a relationship with - the soils under study.

Soils with a latossolic B, classified as "Roxo Latosol" (Oxisols), occur in the older surfaces; in the more recent surfaces occur shallow soils and soils with textural B containing highly active clay identified as Litholic and Reddish Brunizem (Mollisols); in the intermediary surfaces

occur soils with thick textural B horizons containing low activity clay and classified as "Terra Roxa Estruturada" (Alfisols).

Soil properties variability were attributed to differences in the weathering processes and leaching. Cation exchange capacity, *k_i* index, base saturation and sum of bases decreased towards the older surfaces.

The clay fraction of the more developed soils was characterized by a predominance of kaolinite and the presence of gibbsite and chloritized-vermiculite. Soils of the more recent surface had a predominance of kaolinite and montmorillonite. Quantitative and qualitative variation in the mineralogy of the clay fraction was considered to be an evidence of the different stages of alteration of the soils.

The sand fraction showed a predominance of magnetite and hematitic concretions and the feldspars are present in small quantities only in the younger soils. The presence of a large quantity of rolled quartz in the soils of one of the sequences studied was considered as a contribution of Caiuã sandstone. The erratic presence of quartz with irregular shapes in the other sequences was considered to be part of the parent rock in which it was a product of secondary silicification.

The pedogenetic Fe, Al and Mn oxides showed a higher degree of cristallinity in the more developed soils.

The variability in the micromorphological characteristics was observed mainly in relation to illuvial cutans and the type of plasmic structure.

The absence and the type of subsurface horizon allowed for the establishment of the following sequence towards the older surfaces: soils without B horizon → soils with a weakly developed textural B → soils with a thick textural B → soils with latossolic B.

9. LITERATURA CITADA

ADAMS, J.A., A.S. CAMPBELL e E.J.B. CUTLER. 1975. Some properties of a chrono-toposequence of soils from granite in New Zealand, 1. Profile weights and general composition. *Geoderma*, Amsterdam, 13:23-40.

AHMAD, M.; J. RYAN e R.C. PAETH. 1977. Soil development as a function of time in the Punjab River Plains of Pakistan. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 41:1162-1166.

ALEXANDER, E.B. 1974. Extractable iron in relation to soil age on terraces along the Truckee River, Nevada. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 38:121-124.

ALEXIADES, C.A. e M.L. JACKSON. 1966. Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. In: Proc. 14th Conf. on Clays and Clay Minerals, pp.35-52. Pergamon Press, Oxford.

ALLISON, F.E. 1973. *Soil organic matter and its role in crop production*. ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY. New York, 637p.

ALMEIDA, F.F.M. 1956. O Planalto basáltico da Bacia do Paraná. *Bol. Paulista de Geog.*, São Paulo, 24:3-33.

ALOISI, R.R., G. RANZANI, J.L.I. DEMATTÊ e C.C. CERRI. Mineralogia da fração argila de alguns solos do Município de Jaboticabal, SP. *In: Congr. Bras. Ci. Solo*, 15º, Campinas, SP, 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976. pp.457-460.

ANDRADE, S.S., J.L.I. DEMATTÊ e A.C. MONIZ. Gênese de três catenas de solos localizados nos municípios de Piracicaba e Rio Claro, SP. *In: Congr. Bras. Ci. Solo*, 14º, Santa Maria, RS., 1973, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Santa Maria, 1974. pp.573-590.

ANDRADE, S.S., A.C. MONIZ, H.G. dos SANTOS e H.C. ALMEIDA. Sequência de evolução de solos bem drenados originados de rochas eruptivas básicas da região fisiográfica de Campo Grande, MT. *In: Congr. Bras. Ci. Solo*, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976. pp.517-523.

- ASAMOA, G.K., 1973. Particle size and free iron oxide distribution in some Latosols and groundwater Laterites of Ghana. *Geoderma*, Amsterdam, 10:285-297.
- AZOLIN, M.A.D., E. KLAMT e M.C.L. dos SANTOS. Relações solo-superfícies geomórficas e material de origem a oeste da depressão central e campanha no Rio Grande do Sul. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976. pp.345-350.
- BASCOMB, C.L. 1968. Distribution of pyrophosphate-extractable iron and organic carbon in soils of various groups. *J. Soil Sci.*, Edinburgh, 19:251-268.
- BENNEMA, J. 1966. *Classification of Brazilian soils*. Report to the Government of Brazil. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 83p.
- BIGARELLA, J.J. 1954. Esboço da geomorfologia do Estado do Paraná. I.B.P.T. Curitiba. *Bol.* 32. 22p.
- BILZI, A.F. e E.J. CIOLKOSZ. 1977a. Time as a factor in the genesis of four soils developed in recent alluvium in Pennsylvania. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 41:122-127.

BILZI, A.F. e E.J. CIOLKOSZ.

rate for evaluating pedological development. *Soil Sci.*,
Baltimore, 124:45-48.

BLUME, H.P. e U. SCHWERTMANN. 1969. Genetic evaluation
of profile distribution of aluminium, iron, and manganese
oxides. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 33:438-444.

BRASIL. Serv. Nac. de Pesq. Agronômicas. Comissão de Solos.
1960. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado
de São Paulo*. Ministério da Agricultura, CNEPA. (Boletim
12).

BRASIL. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de
Pedologia e Fertilidade do Solo. 1970. *Levantamento de
Reconhecimento dos Solos do Noroeste do Estado do Paraná*.
Rio de Janeiro. (Boletim Técnico, 14).

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divi
são de Pesquisa Pedológica. 1971. *Levantamento de Reco-
nhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná*. Cu-
ritiba. (Boletim Técnico, 16).

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1972. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Oeste do Estado do Paraná*. Curitiba, PR. (Boletim técnico, 39).

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973 a. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul*. Recife. (Boletim técnico, 30).

BRASIL. Divisão de Pesquisa Pedológica. Ministério da Agricultura. 1973 b. *Levantamento Exploratório dos Solos que ocorrem ao longo do trecho da Rodovia Transamazônica (Trecho Itaituba - Estreito)*. Rio de Janeiro. (Boletim técnico, 33). 38p.

BRASIL. Divisão de Pesquisa Pedológica. Ministério da Agricultura. 1973 c. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos de uma área prioritária na rodovia Transamazônica entre Altamira e Itaituba*. Rio de Janeiro. (Boletim técnico, 34). 66p.

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1975 a. *Mapa Esquemático dos Solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil*. Rio de Janeiro. (Boletim técnico, 17). 553p.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisas Pedológicas. 1975 b. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Sudoeste do Estado do Paraná*. Curitiba. (Boletim técnico, 44).

BREWER, R. 1964. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 470p.

BREWER, R. 1972. The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, Amsterdam, 8:81-94.

BREWER, R. e P.H. WALKER. 1969. Weathering and soil development on a sequence of River Terraces. *Aust. J. Soil Res.*, Melbourne, 7:293-305.

BROWN, G. ed. 1961. *The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals*. Mineralogical Society, London. 544p.

CAMARGO, O.A. e B. VAN RAIJ. Relações entre alumínio trocável, bases trocáveis e pH em solos. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976, pp.95-101.

- CARVALHO, A. 1970. *Study of Terra Roxa Estruturada and Latosol Roxo on a Topographic sequence in São Paulo State of Brasil*. Tese de Master of Science. Univ. of New Castle. England. 93p.
- CARVALHO, A. e R.F. MONTGOMERY. Estudo de uma ocorrência de Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo numa sequência topográfica, no Estado de São Paulo. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 13^o, Vitória. 1971. Rio de Janeiro. 1973. Resumos.
- COLEMAN, N.T., S.B. WEED e R.J. McCRAKEN. 1959. Cation exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 23:146-149.
- CORDANI, U.G. e P. VANDOROS. Basaltic rocks of the Paraná Basin: Problems on Gondwana Geology. In: Congr. Bras. Geol., XXV. Anais, Soc. Bras. Geol., São Paulo. pp.207-231.
- CORTES, A. e D.P. FRANZMEIER. 1972. Climosequence of ash-derived soils in the Central Cordilheira of Colombia. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 36:653-659.
- DANIELS, R.B., E.E. GAMBLE e J.G. CADY. 1971. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Advan. in Agron.*, New York, 23:51-89.

DEMATTE, J.L.I. e N. HOLOWAYCHUCK. 1977. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo, II - Mineralogia. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 1:99-103, maio/dez.

DICKSON, B.A. e R.L. CROCKER. 1954. A chronosequence of soils and vegetation near mount Shasta, California. III. Some properties of the mineral soils. *J. Soil Sci.*, Oxford, 5:173-191.

DIXON, J.B. 1966. Quantitative analysis of kaolinite and gibbsite in soils by differential thermal and selective dissolution methods. *In: Proc. 14th Conf. on Clays and Clay Minerals*, pp.83-98. Pergamon Press, Oxford.

DUDAS, M.J. e M.E. HARWARD. 1971. Effect of dissolution treatment on standard and soil clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 35:134-140.

ELLIS, R.C. 1969. Mineral losses during soil formation in granitic material. *Aust. J. Soil Sci.*, Melbourne, 7:317-323.

ESWARAN, H. 1972. Micromorphological indicators of pedogenesis in some tropical soils derived from basalt from Nicaragua. *Geoderma*, Amsterdam, 7:15-31.

- ESCOBAR, E.H., J.L.I. DEMATTÊ e A.C. MONIZ. 1972. Génesis y clasificación de algunos suelos de la cuenca del arroyo Tijuco Preto, Município de Rio das Pedras, San Pablo. I. Análisis Mineralógico cuantitativo de la fracción arcilla. *R. Inves. Agropec.*, INTA, Buenos Aires, 3:89-108.
- E.U.A. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* Washington, D.C. USDA, 754p. (Agriculture Hand book, 436).
- FARIAS, J.G., N. KÄMPF e M.C.L. dos SANTOS. Caracterização mineralógica de catenas de solos da Assoc. Júlio de Castilhos-Guassupi, no Estado do Rio Grande do Sul. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 14º, Santa Maria, RS., 1973, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Santa Maria, 1974. pp.648.
- FRANZMEIER, D.P., E.P. WHITESIDE e M.M. MORTLAND. 1963. A chronosequence of podzols in northern Michigan: III. Mineralogy, Micromorphology, and net changes occurring during soil formation. *Mich. Agric. Exp. Stn. Q. Bull.* 46:37-57. Apud. STEVENS, P.R. e T.W. WALKER. 1970. The chronosequence concept and soil formation. *Q. Rev. of Biol.*, New York, 45:333-350.

GAMBLE, E.E., R.B. DANIELS e W.D. NETTLETON. 1970. Geomorphic surfaces and soils in black creer valley, Johnston County, North Caroline. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 34:276-281.

GILE, L.H. 1970. Soils of the Rio Grande Valley border in southern New Mexico. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 34:465-472.

GILLMAN, G.P. 1974. The influence of net charge on water-dispersible clay and sorbed sulphate. *Aust. J. of Soil Res.*, Melbourne, 12:173-176.

GOEDERT, W.J., J.K. SYERS e R.B. COREY. Relações caulinita-quartzo-gibbsita em solos desenvolvidos de basaltos no Rio Grande do Sul. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976, pp.495-498.

GUIDICINI, G. e J.O. CAMPOS. 1968. Notas sobre a morfogênese dos derrames basálticos. *Bol. Soc. bras. Geol.*, S. Paulo, 17:15-28.

GUNN, R.H. 1974. A Soil Catena on weathered basalt in Queensland. *Aust. J. Soil Res.*, Melbourne, 12:1-14.

GUTMANS, M. 1943. Rochas-mater da terra roxa. *Bragancia*, Campinas, 3:322-371.

HARWARD, M.E., A.A. THIESEN e D.D. EVANS. 1962. Effect of iron removal and dispersion methods on clay mineral identification by X-ray diffraction. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 26:535-541.

HASHIMOTO, I. e M.L. JACKSON. 1960. Rapid dissolution of Alophane and kaolinite-halloysite after dehydration. In: Proc. 7th Conf. on Clays and Clay Minerals, pp.102-113. Pergamon Press, Oxford.

HOLMGREN, G.S. 1967. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison: 31:210-211.

HOLZMANN, M. 1977. *Contribuição ao estudo do clima do Paraná*. Curitiba, PR., 60p. (mimeografado).

JACKSON, M.L., S.A. TYLER, A.L. WILLIS, G.A. BORBEAU e R.P. PENNINGTON. 1948. Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments. *The Jour. of Phys. and Coll. Chem.*, Washington, D.C., 52:1237-1261.

JACKSON, M.L. 1956. *Soil Chemical Analysis*: advanced course. 2nd edition. Co. Published by the author, Madison, Wisconsin. 895p.

JACKSON, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall. INC. Englewood Cliffs. N.J. 498p.

JACKSON, M.L. 1964. Clay transformations in soils genesis during the quaternary. *Soil Sci.*, New Brunswick, 99:15-22.

JACKSON, M.L. 1965. *Soil chemical analysis*: advanced course. Madison, Univ. of Wis., Department of Soil Science, 991p.

JACKSON, M.L. 1967. Chemical composition of soils. In: BEAR, F.E. (ed.). *Chemistry of the soil*. New York, pp.71-141.

JUO, A.S.R., F.R. MOORMANN e H.O. MADUAKOR. 1974. Forms and pedogenetic distribution of extractable iron and aluminum in selected soils of Nigeria. *Geoderma*, Amsterdam, 11:167-174.

KÄMPF, N. e E. KLAMT. 1978. Mineralogia e gênese de Latossolos (oxisols) e solos Podzólicos da região Nordeste do Planalto sul-Riograndense. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 1:68-73, jan./abr.

KITTRICK, J.A. 1977. Mineral equilibria and the soil system. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (ed.). *Minerals in soil environments*, Madison, pp.1-25.

LEINZ, V. 1949. Contribuição à Geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Geologia*, São Paulo, 5. 61p.

LEINZ, V., A. BARTORELLI, G.R. SADOWSKI e A.L. ISOTTA. 1966. Sobre o comportamento espacial do Trapp Basáltico da Bacia do Paraná. *Bol. Soc. bras. Geol.*, São Paulo, 15:79-91.

LEPSCH, I.F., S.W. BUOL e R.B. DANIELS. 1977 a. Soil landscape relations in an área of the Occidental Plateau of São Paulo, Brasil. I- Geomorphic Surfaces and Soil Mapping Units. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 41:104-108.

- LEPSCH, I.F., S.W. BUOL e R.B. DANIELS. 1977 b. Soil land-landscape relations in an área of the Occidental Plateau of São Paulo, Brasil. II- Soil Morphology, genesis, and classification. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 41:109-114.
- LIMA, J.M.C. 1979. *Estudo de uma sequência de solos derivados de rochas básicas no sudoeste do Estado do Paraná*. Dissertação de Mestrado. ESALQ, Piracicaba. (inédita).
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. vol. II, I.B.P.T. Curitiba, PR.
- MAACK, R. 1968. *Geografia Física do Estado do Paraná*. Publicado sob os auspícios do Banco de Desenvolvimento do Paraná (sucessor da CODEPAR), da Univ. Fed. do Paraná e do Inst. de Biol. e Pesq. Tecnológicas. Curitiba, PR., 350p.
- MARTINI, J.A. 1976. The evolution of soil properties as it relates to the genesis of volcanic ash soils in Costa Rica. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 40:895-900.

McCALEB, S.B. 1959. The genesis of the Red-Yellow Podzolic Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 23:164-168.

McKEAGUE, J.A. e J.H. DAY. 1966. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, 46:13-22.

McKEAGUE, J.A. 1967. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate - dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in Podzols and some other soils. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, 47:95-99.

McKEAGUE, J.A. 1968. Humic-fulvic acid ratio, Al, Fe, and C in pyrophosphate extracts as criteria of A and B horizons. *Can J. Soil Sci.*, Ottawa, 48:27-35.

McKEAGUE, J.A., J.E. BRYDOH e N.M. MILES. 1971. Differentiation of forms of extractable iron and aluminum in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 35:33-38.

- MEHRA, O.P. e M.L. JACKSON. 1960. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: Proc. 7th Nat. Conf. Clays and Clay Minerals, pp.317-327. Pergamon Press, New York.
- MEKARU, T. e G. UEHARA. 1972. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 36:296-300.
- MELFI, A.J. e F. LEVI. 1971. Geochemical and mineralogical study on the first stages of weathering of Basic and Related Rocks. Part I - Mineralogical study. *R. bras. Geociencias*, São Paulo, 1:22-28.
- MENDES, A.C.T., S.C. FALCI e J.L.I. DEMATTÊ. 1973. Seções delgadas de solos: método de impregnação. Anais Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 30:35-48.
- MOHR, E.C.J. e F.A. VAN BAREN. 1954. *Tropical soils*. London, Interscience Publishers. 498p.
- MONIZ, A.C. e M.L. JACKSON. 1967. *Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate*. Madison. University of Wisconsin, 74p. (Wisconsin Soil Sci. Report, 212).

- MONIZ, A.C., A.C. NASCIMENTO e J.E. de PAIVA NETTO. 1973 a. Mobilidade dos constituintes das rochas básicas durante o intemperismo. *R. bras. Geociencias*, São Paulo, 3:201-213.
- MONIZ, A.C. e A. CARVALHO. 1973 b. Sequência de evolução de solos derivados do Arenito Bauru e rochas básicas da região Noroeste do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 32:309-335.
- MONIZ, A.C., S.S. ANDRADE, K.P. WITTERN e E.M. MOURA. Sequência de evolução de solos originados de rochas calco-dolomíticas da Serra da Bodoquera, MT. *In: Congr. Bras. Ci. Solo*, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976. pp.499-507.
- MONIZ, A.C. e J.B. OLIVEIRA. Estudo mineralógico de solos derivados de rochas ígneas básicas da Estação Experimental de Ribeirão Preto, SP. *In: Congr. Bras. Ci. Solo*, 14º, Santa Maria, RS., 1973, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Santa Maria, 1974. pp.591-601.
- MOURA, W. FILHO e S.W. BUOL. 1972. Studies of a Latosol Roxo (Eustrustox) in Brazil: description, setting and characterization. *Experientiae*, Viçosa, 13:200-217.

NYE, P.H. 1954. Some soil-forming processes in the humid tropics. I. A field study of a catena near Ibadau. *J. Soil Sci.*, Edinburgh, 5:7-21.

NORRISH, K. e R.M. TAYLOR. 1961. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *J. Soil Sci.*, Ottawa, 12:294-306.

OLIVEIRA, J.B., R.R. ALFONSI e M.P. PEDRO JUNIOR. Regimes hidricos e térmico dos solos do Estado de São Paulo. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 15º, Campinas, SP., 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1976, pp.352-359.

PAIVA NETO, J.E. 1942. A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia*, Campinas, 2:355-432.

PAIVA NETO, J.E. 1948. Estudo pedológico da estação experimental de Ribeirão Preto. Anais da segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo, pp.341-443. Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo.

PAIVA NETO, J.E. 1951. Observações gerais sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 11:227-253.

- PARSONS, R.B., C.A. BALSTER e A.O. NESS. 1970. Soil development and geomorphic surfaces. Willamette Valley, Oregon. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 34:485-491.
- PARSONS, R.B. e R.C. HERRIMAN. 1976. Geomorphic surfaces and soil development in the Upper Rogue River Valley, Oregon. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 40:933-938.
- PEDRO, G., A. CHAUVEL e A.J. MELFI. 1976. Recherches sur la constitution et la genèse des Terra Roxa Estruturada du Brésil. Introduction a une étude de la pédogenèse ferralitique. *Ann. agron.*, Paris, 27:265-294.
- RODRIGUES, T.E. e E. KLAMT. 1978. Mineralogia e gênese de uma sequência de solos do Distrito Federal. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 2:132-138, mai./ago.
- ROTTA, C.L., A.C. MONIZ e J.B. OLIVEIRA. Estudo mineralógico da fração argila dos solos da Estação Experimental de Limeira, SP. In: Congr. Bras. Ci. Solo, 14º, Santa Maria, RS., 1973, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Santa Maria, 1974. pp.559-571.
- RUHE, R.V. 1956. Geomorphic surface and the nature of soils. *Soil Sci.*, New Brunswick, 82:441-455.

SANTANA, D.P. e W. MOURA FILHO. 1978. Estudos de solos do Triângulo Mineiro e de Viçosa: I- Mineralogia. *Experientiae*, Viçosa, 24:131-160.

SARTORI, P.L., C.M. FILHO e E. MENEGOTTO. 1975. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. *R. bras. de Geociências*, São Paulo, 5:141-159.

SCHWERTMANN, U., W.R. FISCHER e H. PAPENDORF. 1968. The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. *In: International Congress of Soil Sci.*, 9. Transactions, Adelaide, v.1, pp.645-655.

SCHWERTMANN, U. e R.M. TAYLOR. 1977. Iron oxides. *In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (ed.). Minerals in soil environments*, Madison.

SCHNEIDER, A.W. 1970. Vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná: Perfil Foz do Iguaçu - Serra da Esperança. *In: Congr. Bras. de Geol.*, XXIV. Anais, Soc. Bras. Geol., Brasília. pp.211-217.

SCORZA, E.P. 1952. Considerações sobre o arenito Caiuã. *Bol. 139. Divisão de Geologia e Mineralogia. DNPM. Ministério da Agric.* Rio de Janeiro.

SIMONSON, R.W. 1959. Modern concepts of soil genesis. A symposium outline of a generalized theory of soil genesis. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 23:152-156.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 1973. *Manual de Métodos de trabalho de campo*. Rio de Janeiro. 33p.

THIESEN, A.A. e M.E. HARWARD. 1962. A paste method for preparation of slides for clay mineral identification by X-ray diffraction. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 26:335-341.

THORP, J., J.G. CADY e E.E. GAMBLE. 1959. Genesis of Miami silt loam. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 23:156-161.

VAN RAIJ, B. e M. PEECH. 1972. Eletrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 36:587-593.

VAN WAMBEKE, A. 1962. Criteria for classifying soils by age. *J. Soil Sci.*, Edinburgh, 13:124-132.

VERDADE, F.C. 1961. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. III. Sesquióxidos, sílica e certas relações moleculares. *Bragança*, Campinas, 20:885-905.

VETTORI, L. 1969. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 24p. (Boletim técnico, 7).

WADA, K. e T. HIGASHI. 1976. The categories of aluminium and iron-humus complexes in Ando Soils determined by selective dissolution. *J. Soil Sci.*, Oxford, 27:357-368.

WARSHAW, M.C. e R. ROY. 1963. Classification and a scheme for identification of layers silicates. *Bol. Geol. Soc. Am.*, 72:1455-1492.

10. APÊNDICE 1 - Descrições morfológicas

PERFIL 1 - Bela Vista do Paraíso

- Classificação: Solo Litólico eutrófico com horizonte A chernozêmico, textura argila-pedregosa, fase tropical subperenifolia, relevo forte ondulado substrato basalto.
- Localização: À 11 Km de Bela Vista do Paraíso para Alvorada do Sul entrar 4.100 m à direita.
- Situação e declive: Trincheira no meio de uma elevação com 15 - 20% de declividade.
- Formação geológica e Litologia: Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário: Saprolito das rochas acima citadas.
- Relevo: - Regional: Forte ondulado.
- Local: Ondulado.
- Altitude: 400 metros.

Drenagem: Bem drenado.

Erosão: Laminar moderada.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifólia.

Clima: Cfa. Em alguns anos Cwa.

Uso atual: Café com ± 15 anos.

A_p 0 - 42 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); argila; fraca média granular e fraca pequena blocos subangulares; poros pequenos e comuns; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e ondulada; raízes abundantes.

C 42 - 60 cm⁺; material de rocha em decomposição.

PERFIL 2 - Bela Vista do Paraíso

- Classificação: Brunizem Avermelhado razo textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo ondulado.
- Localização: À 11 Km de Bela Vista do Paraíso para Alvorada do Sul, entrar 4 Km à direita.
- Situação e declive: Trincheira aberta à meia encosta de uma elevação com 15 - 20% de declive (7% no local).
- Formação geológica e litológica: Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário: Saprolito das rochas acima citadas.
- Relevo: Ondulado.
- Altitude: 390 metros.
- Drenagem: Bem drenado.
- Erosão: Laminar moderada.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifólia.

Clima: Cfa. Em alguns anos Cwa.

Uso atual: Café com ± 15 anos.

A_p 0 - 15 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, úmido); argila; moderada média granular; poros pequenos e comuns; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

A₃ 15 - 29 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); argila; moderada média granular; poros pequenos e comuns; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B₁ 29 - 42 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; forte média, blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; poros pequenos e comuns; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

- B_{21t} 42 - 59 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; forte média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B_{22t} 59 - 80 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argiloso; forte média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₃ 80 - 92 cm; vermelho escuro (2,5YR 3,5/6, úmido); franco-argiloso; forte pequena a média blocos subangulares; poros muito pequenos e comuns; cerosidade fraca e pouca; firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- C 92 120 cm⁺; rocha em decomposição.
- Raízes: Poucas nos horizontes A₁ e A₃.

PERFIL 3 - Bela Vista do Paraíso

- Classificação:** Terra Roxa Estruturada eutrófica com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
- Localização:** À 11 Km de Bela Vista do Paraíso para Alvorada do Sul entrar 3.300 m à direita.
- Situação e declive:** Trincheira aberta no meio de cafezal em local com 10% de declividade.
- Formação geológica e litologia:** Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Saprólito das rochas acima citadas.
- Relevo:** Ondulado.
- Altitude:** 410 metros.
- Drenagem:** Bem drenado.

Erosão: Laminar ligeira.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifólia.

Clima: Cfa. Em alguns anos Cwa.

Uso atual: Café com ± 12 anos.

A_p 0 - 14 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); argila; moderada pequena blocos subangulares que se desfaz em média grande granular; poros pequenos e muito pequenos, muitos; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

B_{2lt} 14 - 44 cm; bruno avermelhado escuro a vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca moderada média, blocos subangulares; poros pequenos e muito pequenos e comuns; cerosidade moderada e comum; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.

B_{22t} 44 - 90 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argiloso; moderada média grande blocos subangulares; poros muito pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B₃ 90 - 125 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argiloso; moderada média blocos subangulares; poros pequenos e muito pequenos, comuns; cerosidade moderada e comum; ligeiramente duro, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_{3/C} 125 - 170 cm⁺; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido) e bruno amarelado (10R 5/6, úmido); material de rocha em decomposição em mistura com material do horizonte B.

Raízes: Comuns nos horizontes A_p e B₁, diminuindo em profundidade.

PERFIL 4 - Bela Vista do Paraíso

- Classificação:** Latosol Roxo álico com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical e subperenifólia relevo suave ondulado.
- Localização:** À 11 Km de Bela Vista do Paraíso para Alvorada do Sul entrar 200 m à direita.
- Situação e declive:** Trincheira aberta no meio de cafezal no topo de uma elevação, com declive entre 2 e 3%.
- Formação geológica e litologia:** Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Saprólito das rochas acima citadas.
- Relevo:** Suave ondulado.
- Altitude:** 440 metros.
- Drenagem:** Acentuadamente drenado.

Erosão: Laminar ligeira.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifólia.

Clima: Cfa. Em alguns anos Cwa.

Uso atual: Café com ± 15 anos.

A_p 0 - 27 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada média e pequena blocos subangulares e moderada média granular; poros pequenos e comuns; ligeiramente duro, friável, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

B₁ 27 - 60 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; fraca pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

- B₂₁ 60 - 97 cm; bruno avermelhado escuro a vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena granular com aspecto de maciça porosa; poros muito pequenos e muitos; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₂ 97 - 150 cm; bruno avermelhado escuro a vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; microgranular com aspecto de maciça porosa; poros muito pequenos e muitos; macio, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₃ 150 - 200 cm⁺; bruno avermelhado escuro a vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; microgranular com aspecto de maciça porosa; poros muito pequenos e muitos; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes: Comuns no A_p ; poucas no B_1 e B_{21} ; raras no B_{22} e B_{23} .

Observações: É necessário muita manipulação das amostras para desfazer os grânulos. Chama a atenção a presença de grãos de areia (quartzo do Caiuã?) na superfície do solo.

PERFIL 5 - Mandaguari

- Classificação:** Solo Litólico eutrófico com horizonte A chernozêmico textura média fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado substrato basalto amigdaloidal.
- Localização:** À 1,5 km de Mandaguari para Marialva entrar 21,5 Km à direita (8,2 Km após a Vila Belém).
- Situação e declive:** Trincheira aberta à meia encosta de uma elevação com 35 a 40% de declive.
- Formação geológica e litologia:** Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Basalto amigdaloidal.
- Relevo:** - Local: Ondulado.
- Regional: Forte ondulado.
- Altitude:** 420 metros.
- Drenagem:** Bem drenado.

Erosão: Laminar moderada a forte.

Vegetação natural: Floresta tropical subcaducifólia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Soja, milho e colonião.

A_p 0 - 25 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, úmido); argila; fraca média granular e fraca pequena blocos subangulares; poros pequenos e muito pequenos, comuns; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

C 0 - 40 cm⁺; material de rocha em decomposição.

PERFIL 6 - Mandaguari

- Classificação:** Brunizem avermelhado raso textura argilosa fase floresta tropical subperenifolia relevo forte ondulado.
- Localização:** À 15 Km ao norte de Mandaguari, na Vila Belém, ao lado da Igreja.
- Situação e declive:** Trincheira aberta na meia encosta de uma elevação com 8 - 10% de declive.
- Formação geológica e Litologia:** Formação Serras Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Saprólito das rochas acima citadas.
- Relevo:** - Local: Ondulado.
- Regional: Forte ondulado.
- Altitude:** 640 metros.
- Drenagem:** Bem drenado.
- Erosão:** Laminar moderada.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifolia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Café.

A_p 0 - 7 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/3, úmido); argila; forte pequena blocos subangulares e forte média granular; poros pequenos e comuns; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

A₃ 7 - 27 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/3, úmido); argila; forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B_{21t} 27 - 50 cm; vermelho acinzentado a vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido); argila; forte média grande blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; poros grandes e comuns; duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B_{22t} 50 - 82 cm; vermelho acinzentado a vermelho escuro acinzentado (10R 3,5/4, úmido); argila; forte média grande blocos subangulares; cerosidade forte abundante; poros grandes e comuns; duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

C 82 - 100 cm⁺; Rocha em decomposição.

Raízes: Abundantes no A_p e A₃, comuns no B_{21t} e raras no B_{22t}.

Observações: No horizonte A aparecem alguns calhaus com cêrca de 15 cm de diâmetro; no B_{22t} aparecem fragmentos de rocha em avançado estágio de decomposição.

PERFIL 7 - Mandaguari

- Classificação: Terra Roxa Estruturada eutrófica com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
- Localização: À 1,5 Km de Mandaguari para Marialva entrar 8 Km à direita.
- Situação e declive: Trincheira aberta a meia encosta de uma elevação com 8% de declive.
- Formação geológica e litologia: Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário: Saprólito das rochas acima citadas.
- Relevo: Ondulado.
- Altitude: 680 metros.
- Drenagem: Bem drenado.
- Erosão: Laminar ligeira.

Vegetação natural: Floresta tropical subperenifólia.

Clima: Cfa. Em alguns anos Cwa.

Uso atual: Café com ± 15 anos.

A_p 0 - 17 cm; vermelho escuro acinzentado à bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; forte pequena média granular; poros pequenos e comuns; ligeiramente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.

B₁ 17 - 34 cm; vermelho escuro acinzentado à vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade moderada abundante; duro, firme, muito plástico e muito pegajosos; transição difusa e plana.

B_{21t} 34 - 58 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argilosos; forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B_{22t} 58 - 100 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argiloso; forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, plástico e⁷ muito pegajoso; transição difusa e plana.

B₃ 100 - 130 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argiloso; moderada média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade moderada e comum; ligeiramente duro; friável, plástico e pegajosos; transição clara e ondulada.

C 130 - 200 cm⁺; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); este horizonte é constituído por material de rochas bastante intemperizado, com alguma mistura de material de solo semelhante ao B.

Raízes: Muitas no A_p; comuns no B₁; poucas no B_{21t} e B_{22t}; raras no B₃ e C.

PERFIL 8 - Mandaguari

Classificação: Latosol Roxo eutrófico com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia relevo suave ondulado.

Localização: Entre Mandaguari e Marialva, à aproximadamente 10 Km desta, em estrada secundária, à direita e próximo aos trilhos ferroviários.

Situação e declive: Trincheira aberta na meia encosta de uma elevação com 6 a 8% de declive.

Formação geológica e litologia: Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.

Material originário: Saprólito das rochas acima citadas.

Relevo: Suave ondulado.

Altitude: 700 metros.

Drenagem: Acentuadamente drenado.

Erosão: Não aparente.

Vegetação natural: Floresta tropical perenifólia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Café.

A_p 0 - 30 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; moderada média e pequena blocos subangulares e forte média granular; poros pequenos, muitos; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

A₃ 30 - 65 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; moderada média blocos subangulares; poros pequenos, muitos; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B₂₁ 65 - 125 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; fraca e pequena média blocos subangulares e muito pequena média granular; poros pequenos, muitos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₂ 125 - 200 cm⁺; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; muito pequena granular com aspecto de macia porosa muito pouco coerente; poros muito pequenos, muitos; macio, muito friável, plástico e pegajoso.

Raízes: Abundantes no A_p, raras no A₃, B₁ e B₂.

Observações: Presença de carvão no B₁ e B₂. É necessário trabalhar bem as amostras para desfazer os agregados.

PERFIL 9 - Medianeira

- Classificação:** Terra Roxa Estruturada Latossólica eutrófica com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifolia relevo suave ondulado.
- Localização:** À 15,5 Km de Medianeira para Capanema, 500 metros antes de Jardinópolis.
- Situação e declive:** Trincheira aberta no meio de uma lavoura de milho no topo de uma elevação com 2 - 3% de declive.
- Formação geológica e litologia:** Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Saprólito das rochas acima citadas.
- Relevo:** Suave ondulado.
- Altitude:** 240 metros.
- Drenagem:** Bem drenado a acendadamente drenado.

Erosão: Não aparente no local.

Vegetação natural: Floresta Tropical Perenifólia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Milho e vegetação secundária (Capoeira).

A_p 0 - 28 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena média granular; poros pequenos e comuns; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B₁ 28 - 50 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade fraca e pouca; macio, friável muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B_{21t} 50 - 85 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca a moderada média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade moderada e comum; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B_{22t} 85 - 136 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade moderada e comum; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B_{23t} 136 - 190 cm⁺; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca a moderada média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade fraca e comum; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso.

Raízes: Muitas no A_p; comuns no B₁ e B_{21t} poucas no B_{22t} e raras no B_{23t}.

PERFIL 10 - Medianeira

Classificação: Terra Roxa Estruturada eutrófica com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia relevo ondulado.

Localização: À 9,5 Km de Medianeira para Flor da Serra.

Situação e declive: Trincheira aberta no meio de uma lavoura de soja na meia encosta de uma elevação com 10 - 12% de declive.

Formação geológica e litologia: Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.

Material originário: Saprólito das rochas acima citadas.

Relevo: - Local: Ondulado.
- Regional: Ondulado e forte ondulado.

Altitude: 360 metros.

Drenagem: Bem drenado.

Erosão: Não aparente no local.

Vegetação natural: Floresta tropical perenifólia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Soja.

A_p 0 - 26 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; forte média granular; poros pequenos e comuns; duro, firme, muito plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B₁ 26 - 47 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada a forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_{21t} 47 - 80 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; forte pequena média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_{22t} 80 - 120 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; forte média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade forte e abundante; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_{23t} 120 - 138 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; forte, média blocos subangulares; poros pequenos e comuns; cerosidade moderada e comum; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B_{3/C} 138 - 170 cm⁺; mistura de solo semelhante ao B, com material de rocha em adiantado estado de meteorização.

Raízes: Abundantes no A_p; muitas no B₁; raras no B_{22t} e B_{23t}.

PERFIL 11 - Medianeira

- Classificação:** Latosol Roxo distrófico com horizonte A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia relevo suave ondulado.
- Localização:** Município de Medianeira. Na estrada Medianeira Capanema, no Km 2, entrar 0,5 Km à direita.
- Situação e declive:** Trincheira aberta sob mato, no topo de elevação com 3% de declive no local.
- Formação geológica e litologia:** Formação Serra Geral. Rochas eruptivas básicas.
- Material originário:** Saprolito das rochas acima.
- Relevo:** Suave ondulado com pendentes longas.
- Altitude:** 400 metros.
- Drenagem:** Acentuadamente drenado.

Erosão: Não aparente.

Vegetação: Floresta tropical perenifólia.

Clima: Cfa.

Uso atual: Mata primitiva.

A₁ 0 - 12 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/2, úmido); argila; moderada pequena média granular; poros muito pequenos e comuns; muitos; macio, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

A₃ 12 - 30 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/2,5, úmido); muito argiloso; fraca moderada pequena média granular; poros muito pequenos e comuns; muitos; macio, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B₂₁ 30 - 52 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; fraca pequena média blocos subangulares; poros muito pequenos, muitos; macio, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₂ 52 - 125 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; fraca média blocos subangulares; poros muito pequenos, muitos; macio, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₃ 125 - 260 cm⁺; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); muito argiloso; microgranular com aspecto de maciça porosa; poros pequenos, muitos; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes: Abundantes no A₁; muitas no A₃; comuns no B₂₁ e poucas no restante do perfil.

Observações: Para se tirar a textura é necessário manipular muito as amostras a fim de desfazer os grânulos que dão a sensação de areia grossa.

11. APÊNDICE 2 - Resultados analíticos de Fe, Al e Mn

Quadro 10 - Fe, Al e Mn extraídos com pirofosfato de sódio (p), oxalato de amônio (o) ditionito-citrato de sódio e teores totais.

| Hori- zonte | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
| PERFIL 1 - LITÓLICO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 41 | 475 | 8.800 | 16.700 | 96 | 414 | 822 | 7.400 | 18 | 160 | 120 | 240 |
| C | 14 | 408 | 4.700 | 15.100 | 68 | 436 | 633 | 7.600 | 10 | 115 | 97 | 180 |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 52 | 523 | 10.030 | 16.000 | 160 | 401 | 738 | 7.400 | 34 | 209 | 148 | 290 |
| A ₃ | 33 | 533 | 10.120 | 15.700 | 127 | 406 | 786 | 7.900 | 15 | 144 | 168 | 220 |
| B _{1t} | 45 | 597 | 9.800 | 15.200 | 146 | 376 | 783 | 8.600 | 13 | 97 | 80 | 170 |
| B _{21t} | 13 | 453 | 8.800 | 13.500 | 57 | 310 | 960 | 8.700 | 5 | 80 | 75 | 130 |
| B _{22t} | 16 | 448 | 8.100 | 15.000 | 52 | 332 | 903 | 9.100 | 5 | 57 | 58 | 120 |
| B ₃ | 43 | 442 | 5.980 | 16.500 | 35 | 361 | 824 | 8.700 | 5 | 77 | 66 | 140 |
| C | 16 | 407 | 5.800 | 14.700 | 26 | 279 | 679 | 7.700 | 4 | 87 | 60 | 130 |

Quadro 10 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 40 | 354 | 15.150 | 21.000 | 129 | 240 | 723 | 6.400 | 41 | 275 | 224 | 390 |
| B _{21t} | 18 | 345 | 12.830 | 18.700 | 64 | 267 | 682 | 8.200 | 13 | 125 | 136 | 230 |
| B _{22t} | 20 | 313 | 12.270 | 16.500 | 77 | 287 | 703 | 9.500 | 8 | 54 | 98 | 140 |
| B ₃ | 16 | 343 | 12.850 | 17.500 | 83 | 239 | 775 | 8.300 | 6 | 88 | 123 | 190 |
| B _{3/C} | 34 | 398 | 10.020 | 17.700 | 86 | 304 | 796 | 8.400 | 7 | 99 | 122 | 160 |
| PERFIL 4 - LATOSSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 14 | 237 | 11.420 | 14.500 | 88 | 176 | 706 | 8.400 | 36 | 106 | 103 | 170 |
| B ₁ | 6 | 251 | 11.720 | 14.700 | 41 | 217 | 748 | 8.900 | 8 | 25 | 55 | 70 |
| B _{21t} | 5 | 265 | 11.800 | 14.500 | 42 | 189 | 741 | 9.400 | 6 | 19 | 45 | 80 |
| B _{22t} | 5 | 270 | 12.520 | 14.500 | 59 | 204 | 746 | 9.100 | 2 | 17 | 54 | 80 |
| B _{23t} | 4 | 230 | 12.100 | 15.200 | 59 | 234 | 755 | 9.100 | 3 | 10 | 40 | 80 |

- Continua -

Quadro 10 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 154 | 760 | 11.680 | 19.500 | 248 | 369 | 930 | 6.400 | 39 | 221 | 165 | 360 |
| C | 39 | 330 | 8.500 | 17.800 | 150 | 375 | 710 | 6.300 | 15 | 150 | 110 | 215 |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 54 | 456 | 12.017 | 18.000 | 131 | 307 | 1.058 | 7.900 | 35 | 89 | 78 | 170 |
| B _{21t} | 20 | 429 | 11.048 | 17.200 | 70 | 293 | 1.178 | 8.500 | 7 | 60 | 76 | 140 |
| B _{22t} | 20 | 524 | 12.017 | 16.500 | 174 | 342 | 1.236 | 8.500 | 7 | 28 | 51 | 80 |
| C | 18 | 367 | 8.110 | 15.500 | 111 | 294 | 790 | 8.300 | 3 | 46 | 45 | 90 |

- Continua -

Quadro 10 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 47 | 421 | 13.300 | 23.200 | 153 | 265 | 1.133 | 6.600 | 46 | 122 | 124 | 270 |
| B ₁ | 16 | 399 | 13.740 | 23.700 | 140 | 247 | 1.116 | 8.000 | 24 | 95 | 100 | 230 |
| B _{21t} | 15 | 394 | 11.170 | 18.700 | 120 | 244 | 1.058 | 9.400 | 10 | 33 | 55 | 120 |
| B _{22t} | 10 | 269 | 10.100 | 16.500 | 72 | 317 | 1.038 | 10.500 | 3 | 11 | 36 | 70 |
| B ₃ | 11 | 286 | 9.690 | 17.000 | 70 | 215 | 919 | 10.200 | 2 | 11 | 32 | 80 |
| C | 15 | 404 | 9.850 | 17.200 | 80 | 324 | 1.015 | 9.400 | 2 | 28 | 39 | 100 |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 14 | 351 | 14.400 | 20.700 | 172 | 315 | 1.113 | 10.300 | 16 | 59 | 75 | 140 |
| A ₃ | 12 | 300 | 13.800 | 20.000 | 151 | 332 | 1.133 | 10.900 | 6 | 30 | 46 | 100 |
| B ₂₁ | 20 | 283 | 14.200 | 19.500 | 182 | 386 | 1.177 | 10.900 | 5 | 17 | 37 | 90 |
| B ₂₂ | 9 | 290 | 14.600 | 20.700 | 160 | 398 | 1.314 | 10.100 | 2 | 5 | 48 | 90 |

- Continua -

Quadro 10 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 16 | 370 | 13.640 | 18.000 | 77 | 116 | 691 | 13.100 | 26 | 64 | 82 | 130 |
| B ₁ | 8 | 265 | 12.350 | 15.500 | 30 | 236 | 583 | 13.300 | 3 | 7 | 26 | 60 |
| B _{21t} | 6 | 249 | 11.550 | 14.200 | 40 | 281 | 652 | 15.300 | 1 | 2 | 24 | 50 |
| B _{22t} | 6 | 264 | 10.900 | 13.500 | 31 | 271 | 635 | 15.800 | < 1 | 2 | 23 | 40 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 40 | 647 | 13.190 | 21.200 | 146 | 352 | 774 | 6.100 | 59 | 287 | 234 | 460 |
| B ₁ | 24 | 628 | 13.370 | 19.200 | 168 | 400 | 823 | 7.800 | 16 | 120 | 120 | 260 |
| B _{21t} | 18 | 602 | 12.650 | 18.000 | 58 | 474 | 939 | 8.600 | 6 | 85 | 102 | 190 |
| B _{22t} | 17 | 641 | 13.050 | 18.700 | 124 | 483 | 1.048 | 9.000 | 4 | 99 | 109 | 220 |
| B _{23t} | 18 | 744 | 13.310 | 19.500 | 73 | 424 | 1.183 | 9.400 | 3 | 155 | 165 | 290 |
| B _{3/C} | 16 | 637 | 13.120 | 20.200 | 102 | 401 | 1.253 | 11.500 | 3 | 107 | 111 | 230 |

- Continua -

Quadro 10 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | Mn _p | Mn _o | Mn _d | Mn _t |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mg/100 g de solo | | | | | | | | | | | |
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 15 | 343 | 13.250 | 16.700 | 64 | 230 | 702 | 9.000 | 16 | 57 | 77 | 110 |
| B ₁ | 9 | 319 | 13.440 | 16.700 | 50 | 221 | 771 | 9.400 | 10 | 32 | 52 | 80 |
| B ₂₁ | 7 | 332 | 12.720 | 16.000 | 54 | 256 | 700 | 11.000 | 8 | 22 | 45 | 80 |
| B ₂₂ | 6 | 288 | 11.550 | 14.700 | 54 | 244 | 612 | 11.400 | 2 | 4 | 23 | 50 |
| B ₂₃ | 6 | 287 | 12.120 | 15.000 | 41 | 242 | 611 | 10.800 | 1 | 2 | 22 | 50 |

Quadro 11 - Relações entre as formas de ferro e relação argila/Fe_d.

| Hori- zonte | Fe _p | mg/100 g de solo | | Fe _t | $\frac{Fe_o}{Fe_d}$ | $\frac{Fe_d}{Fe_t}$ (x 10 ³) | % Argila $\frac{Fe_d}{Fe_t}$ |
|---|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---|---------------------------------|
| | | Fe _o | Fe _d | | | | |
| PERFIL 1 - LITÓLICO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | |
| Ap | 41 | 475 | 8.800 | 16.700 | 54 | 530 | 5,0 |
| C | 14 | 408 | 4.700 | 15.100 | 87 | 310 | 8,1 |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | |
| A _p | 52 | 522 | 10.030 | 16.000 | 52 | 630 | 4,7 |
| A ₃ | 33 | 532 | 10.120 | 15.700 | 53 | 640 | 5,7 |
| B ₁ | 44 | 597 | 9.800 | 15.200 | 61 | 640 | 7,4 |
| B _{21t} | 13 | 452 | 8.800 | 13.500 | 51 | 650 | 8,5 |
| B _{22t} | 15 | 447 | 8.100 | 15.000 | 55 | 540 | 7,5 |
| B ₃ | 42 | 441 | 5.980 | 16.500 | 74 | 360 | 6,5 |
| C | 15 | 407 | 5.800 | 14.700 | 70 | 690 | 5,2 |

- Continua -

Quadro 11 - Continuação

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Fe _o Fe _d | Fe _d Fe _t (x 10 ³) | % Argila Fe _d |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| | | | | | | | |
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | |
| A _p | 40 | 354 | 15.150 | 21.000 | 23 | 720 | 3,8 |
| B ₁ | 18 | 345 | 12.830 | 18.700 | 23 | 690 | 5,8 |
| B _{22t} | 20 | 313 | 12.270 | 16.500 | 25 | 740 | 6,4 |
| B ₃ | 16 | 343 | 12.850 | 17.500 | 27 | 730 | 5,6 |
| B _{3/C} | 34 | 398 | 10.020 | 17.700 | 40 | 560 | 5,1 |
| PERFIL 4 - LATOSSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | | |
| A _p | 14 | 237 | 11.420 | 14.500 | 21 | 790 | 5,8 |
| B ₁ | 6 | 251 | 11.720 | 14.700 | 22 | 800 | 6,3 |
| B ₂₁ | 5 | 264 | 11.800 | 14.500 | 22 | 810 | 6,1 |
| B ₂₂ | 5 | 270 | 12.520 | 14.500 | 17 | 860 | 5,5 |
| B ₂₃ | 4 | 230 | 12.100 | 15.200 | 19 | 800 | 5,8 |

Quadro 11 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Fe _o Fe _d | Fe _d Fe _t (x 10 ³) | % Argila Fe _d |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| | | | | | | | |
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | | |
| A _p | 154 | 760 | 11.680 | 19.500 | 65 | 600 | 4,8 |
| C | 39 | 330 | 8.500 | 17.800 | 38 | 480 | 5,7 |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | | |
| A _p | 54 | 456 | 12.170 | 18.000 | 37 | 680 | 3,6 |
| B _{21t} | 20 | 429 | 11.480 | 17.200 | 37 | 670 | 5,3 |
| B _{22t} | 20 | 524 | 12.170 | 16.500 | 43 | 740 | 4,8 |
| C | 18 | 367 | 8.110 | 15.500 | 45 | 520 | 3,7 |

Quadro 11 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Fe _o Fe _d | Fe _d Fe _t | Fe _d Fe _t | % Argila |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------|
| | | | | | | | | |
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | |
| A _p | 47 | 421 | 13.300 | 23.200 | 32 | 570 | 4,5 | 4,5 |
| B ₁ | 16 | 399 | 13.740 | 23.700 | 29 | 580 | 4,5 | 4,5 |
| B _{21t} | 15 | 394 | 11.170 | 18.700 | 35 | 600 | 7,0 | 7,0 |
| B _{22t} | 10 | 269 | 10.100 | 16.500 | 26 | 600 | 7,9 | 7,9 |
| B ₃ | 11 | 286 | 9.690 | 17.000 | 29 | 570 | 7,2 | 7,2 |
| C | 15 | 404 | 9.850 | 17.200 | 41 | 570 | 5,7 | 5,7 |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | |
| A _p | 14 | 351 | 14.400 | 20.700 | 24 | 690 | 5,5 | 5,5 |
| A ₃ | 12 | 300 | 13.800 | 20.000 | 22 | 690 | 5,9 | 5,9 |
| B ₂₁ | 20 | 283 | 14.200 | 19.500 | 20 | 730 | 5,6 | 5,6 |
| B ₂₂ | 9 | 290 | 14.600 | 20.700 | 20 | 700 | 5,6 | 5,6 |

- Continua -

Quadro 11 - Continuação.

| Horizonte | Fe _p | Fe _o mg/100 g de solo | Fe _d | Fe _t | $\frac{Fe_o}{Fe_d}$ | $\frac{Fe_d}{Fe_t}$ (x 10 ³) | % Argila |
|--|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---|----------|
| | | | | | | | |
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | | |
| A _p | 16 | 370 | 13.640 | 18.000 | 27 | 760 | 5,6 |
| B ₁ | 8 | 265 | 12.350 | 15.500 | 20 | 800 | 7,1 |
| B _{21t} | 6 | 249 | 11.550 | 14.200 | 22 | 810 | 7,9 |
| B _{22t} | 6 | 264 | 10.900 | 13.500 | 24 | 810 | 8,3 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | | |
| A _p | 40 | 647 | 13.190 | 21.200 | 49 | 620 | 3,9 |
| B ₁ | 24 | 628 | 13.370 | 19.200 | 47 | 700 | 5,4 |
| B _{21t} | 18 | 602 | 12.650 | 18.000 | 47 | 700 | 5,9 |
| B _{22t} | 17 | 641 | 13.050 | 18.700 | 49 | 700 | 5,6 |
| B _{23t} | 18 | 744 | 13.310 | 19.500 | 56 | 680 | 4,8 |
| B _{3/C} | 16 | 636 | 13.120 | 20.200 | 49 | 650 | 4,6 |

- Continua -

Quadro 11 - Continuação.

| Hori- zonte | Fe _p | Fe _o | Fe _d | Fe _t | Fe _o Fe _d | Fe _d Fe _t (x 10 ³) | % Argila Fe _d |
|--|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| | | mg/100 g de solo | | | | | |
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | | |
| A _p | 15 | 343 | 13.250 | 16.700 | 26 | 790 | 5,6 |
| B ₁ | 9 | 319 | 13.440 | 16.700 | 24 | 800 | 5,8 |
| B _{21t} | 7 | 332 | 12.720 | 16.000 | 26 | 790 | 6,4 |
| B ₂₂ | 6 | 288 | 11.550 | 14.700 | 25 | 780 | 7,8 |
| B ₂₃ | 6 | 287 | 12.120 | 15.000 | 24 | 810 | 7,0 |

Quadro 12 - Relações entre as formas de alumínio.

| Horizonte | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | mg/100 g de solo | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | Al _o | Al _d |
| | | | | | $\frac{Al_o}{Al_d}$ | $\frac{Al_d}{Al_t}$ |
| PERFIL 1 - LITÓLICO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | |
| A _p | 96 | 414 | 822 | 7.400 | 503 | 111 |
| C | 68 | 436 | 633 | 7.600 | 688 | 83 |
| PERFIL 2 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | |
| A _p | 160 | 401 | 738 | 7.400 | 543 | 99 |
| A ₃ | 127 | 406 | 786 | 7.900 | 516 | 99 |
| B _{1t} | 146 | 376 | 783 | 8.600 | 480 | 91 |
| B _{21t} | 57 | 310 | 960 | 8.700 | 323 | 110 |
| B _{22t} | 52 | 332 | 903 | 9.100 | 368 | 99 |
| B ₃ | 35 | 361 | 824 | 8.700 | 438 | 94 |
| C | 26 | 279 | 679 | 7.700 | 411 | 88 |

- Continua -

Quadro 12 - Continuação.

| Horizonte | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | $\frac{Al_o}{Al_d}$ (x 10 ³) | $\frac{Al_d}{Al_t}$ |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|---------------------|
| PERFIL 3 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Bela Vista do Paraíso | | | | | | |
| A _p | 129 | 240 | 723 | 6.400 | 332 | 113 |
| B _{21t} | 64 | 267 | 682 | 8.200 | 391 | 83 |
| B _{22t} | 77 | 287 | 703 | 9.500 | 408 | 74 |
| B ₃ | 83 | 239 | 775 | 8.300 | 308 | 93 |
| B _{3/C} | 86 | 304 | 796 | 8.400 | 382 | 95 |
| PERFIL 4 - LATOSSOL ROXO - Bela Vista do Paraíso | | | | | | |
| A _p | 88 | 176 | 706 | 8.400 | 249 | 84 |
| B ₁ | 41 | 217 | 748 | 8.900 | 290 | 84 |
| B ₂₁ | 42 | 189 | 741 | 9.400 | 255 | 79 |
| B ₂₂ | 59 | 204 | 746 | 9.100 | 273 | 82 |
| B ₂₃ | 59 | 234 | 755 | 9.100 | 309 | 83 |

Quadro 12 - Continuação.

| Horizonte | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | $\frac{Al_o}{Al_d}$ | $\frac{Al_d}{Al_t}$ |
|--|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| | | mg/100 g de solo | | | (x 10 ³) | |
| PERFIL 5 - LITÓLICO - Mandaguari | | | | | | |
| A _p | 248 | 369 | 930 | 6.400 | 397 | 145 |
| C | 150 | 375 | 710 | 6.300 | 528 | 113 |
| PERFIL 6 - BRUNIZEM AVERMELHADO - Mandaguari | | | | | | |
| A _p | 131 | 307 | 1.058 | 7.900 | 290 | 134 |
| B _{21t} | 70 | 293 | 1.178 | 8.500 | 249 | 139 |
| B _{22t} | 174 | 342 | 1.236 | 8.500 | 278 | 145 |
| C | 111 | 294 | 790 | 7.300 | 372 | 108 |

Quadro 12 - Continuação.

| Horizonte | Al _p | mg/100 g de solo | | Al _t | Al _o | Al _d | Al _t | Al _o | Al _d |
|--|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Al _o | Al _d | | | | | | |
| PERFIL 7 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 153 | 265 | 1.133 | 6.600 | 234 | | 172 | | |
| B ₁ | 140 | 247 | 1.116 | 8.000 | 212 | | 139 | | |
| B _{21t} | 120 | 244 | 1.058 | 9.400 | 231 | | 113 | | |
| B _{22t} | 72 | 317 | 1.038 | 10.500 | 305 | | 99 | | |
| B ₃ | 70 | 215 | 919 | 10.200 | 234 | | 90 | | |
| C | 80 | 324 | 1.015 | 9.400 | 319 | | 108 | | |
| PERFIL 8 - LATOSSOL ROXO - Mandaguari | | | | | | | | | |
| A _p | 172 | 315 | 1.113 | 10.300 | 283 | | 108 | | |
| A ₃ | 151 | 332 | 1.133 | 10.900 | 293 | | 104 | | |
| B ₂₁ | 182 | 386 | 1.177 | 10.900 | 328 | | 108 | | |
| B ₂₂ | 160 | 398 | 1.314 | 10.100 | 303 | | 130 | | |

Quadro 12 - Continuação.

| Horizonte | Al _p | Al _o | Al _d | Al _t | $\frac{Al_o}{Al_d}$ (x 10 ³) | $\frac{Al_d}{Al_t}$ |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|---------------------|
| PERFIL 9 - TERRA ROXA ESTRUTURADA LATOSSÓLICA - Medianeira | | | | | | |
| A _p | 77 | 116 | 691 | 13.100 | 168 | 53 |
| B ₁ | 30 | 236 | 583 | 13.300 | 405 | 44 |
| B _{21t} | 40 | 281 | 652 | 15.300 | 431 | 43 |
| B _{22t} | 31 | 271 | 635 | 15.800 | 429 | 40 |
| PERFIL 10 - TERRA ROXA ESTRUTURADA - Medianeira | | | | | | |
| A _p | 146 | 352 | 774 | 6.100 | 454 | 127 |
| B ₁ | 168 | 400 | 823 | 7.800 | 486 | 105 |
| B _{21t} | 58 | 474 | 939 | 8.600 | 505 | 109 |
| B _{22t} | 124 | 483 | 1.048 | 9.000 | 461 | 116 |
| B ₃ | 73 | 424 | 1.183 | 9.400 | 358 | 126 |
| B _{3/C} | 102 | 401 | 1.253 | 11.500 | 320 | 109 |

- Continua -

Quadro 12 - Continuação.

| Horizonte | Al _p | Al _o mg/100 g de solo | Al _d | Al _t | $\frac{Al_o}{Al_d}$ (x 10 ³) | $\frac{Al_d}{Al_t}$ |
|--|-----------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|---|---------------------|
| PERFIL 11 - LATOSSOL ROXO - Medianeira | | | | | | |
| A _p | 64 | 230 | 702 | 9.000 | 328 | 78 |
| B ₁ | 50 | 221 | 771 | 9.400 | 287 | 82 |
| B ₂₁ | 54 | 256 | 700 | 11.000 | 366 | 64 |
| B ₂₂ | 54 | 244 | 612 | 11.400 | 399 | 54 |
| B ₂₃ | 41 | 242 | 611 | 10.800 | 396 | 57 |

12. APÊNDICE 3 - Difratoqramas de raios X

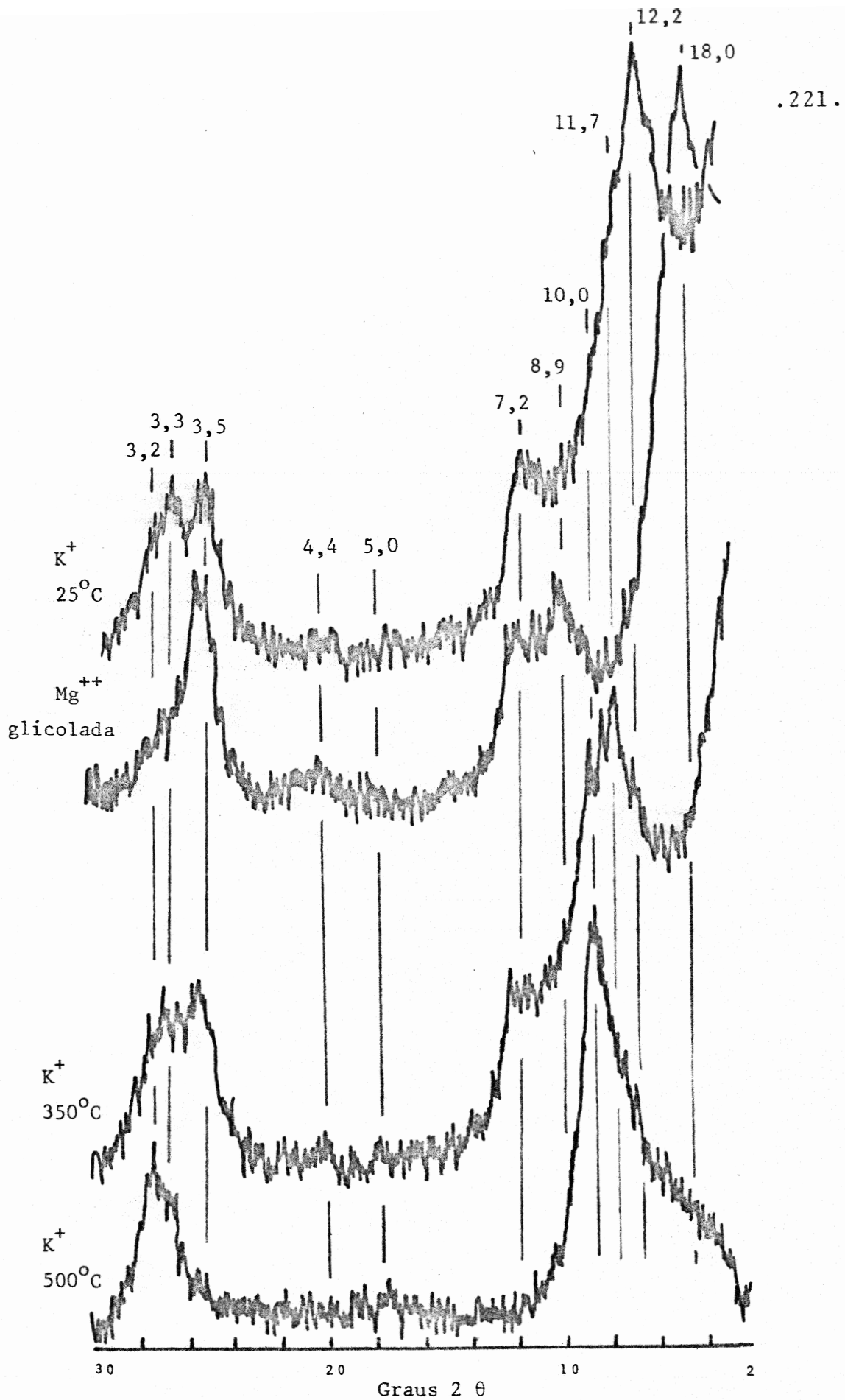


Figura 25 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 1.

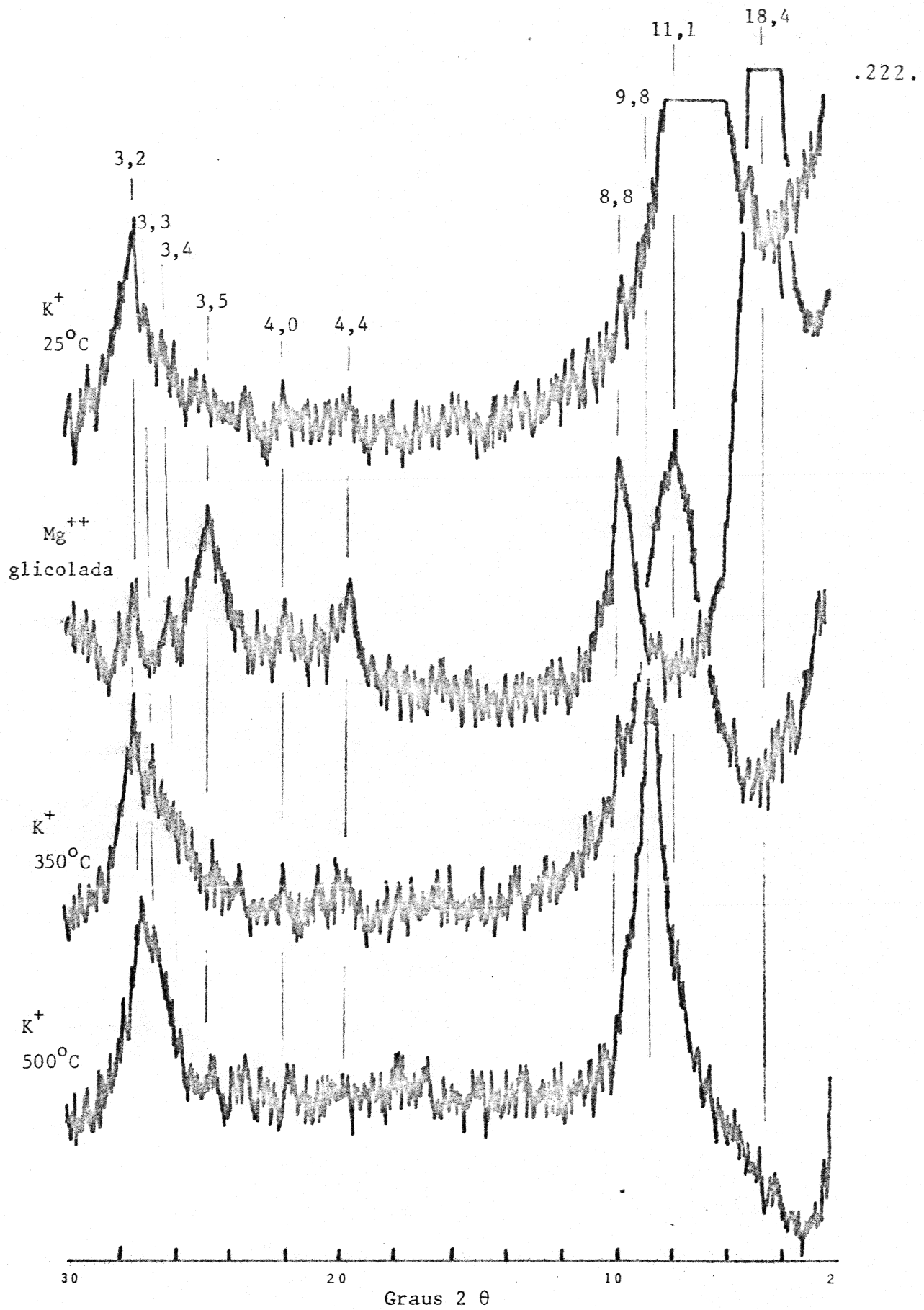


Figura 26 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 1.

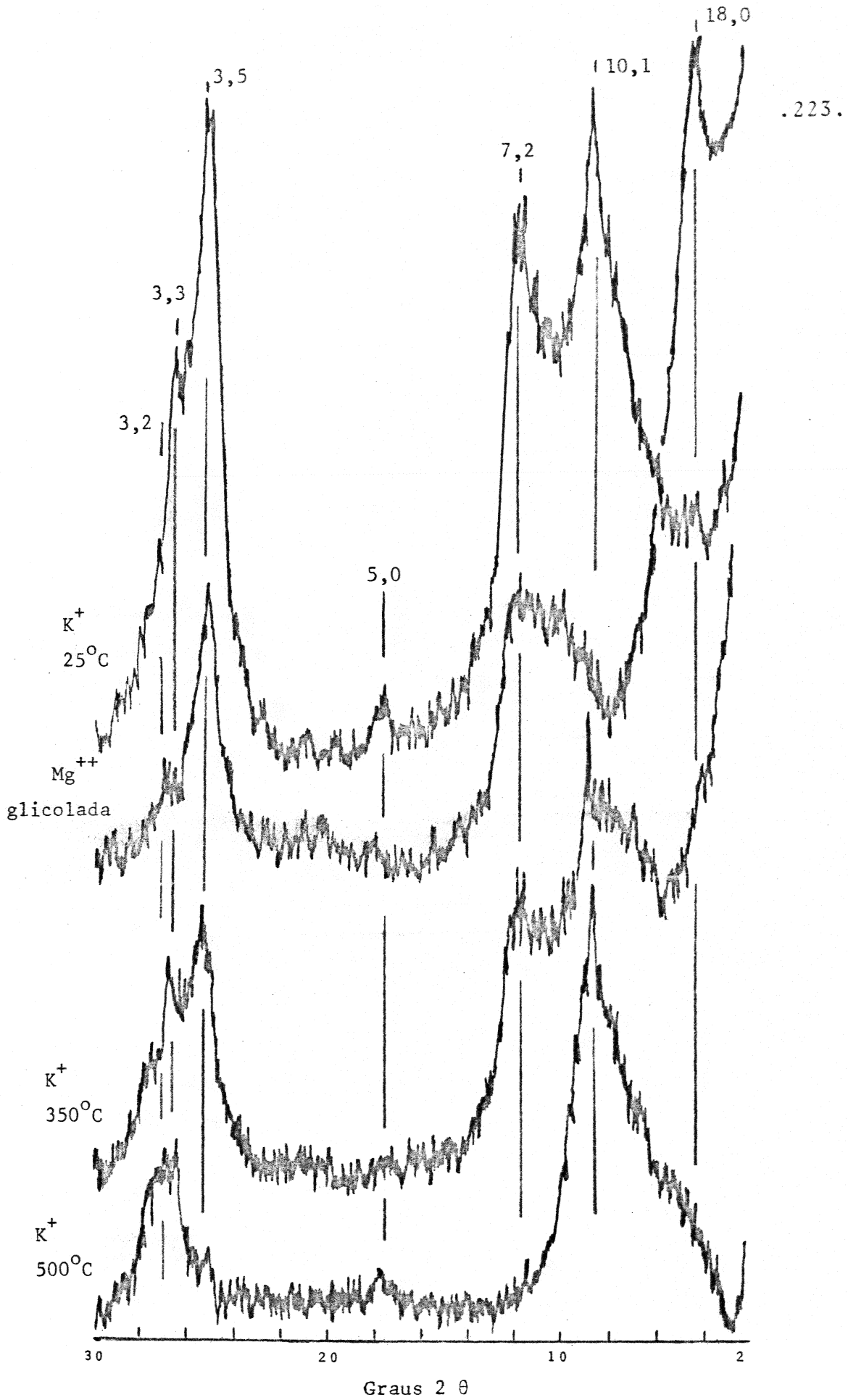


Figura 27 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 2.

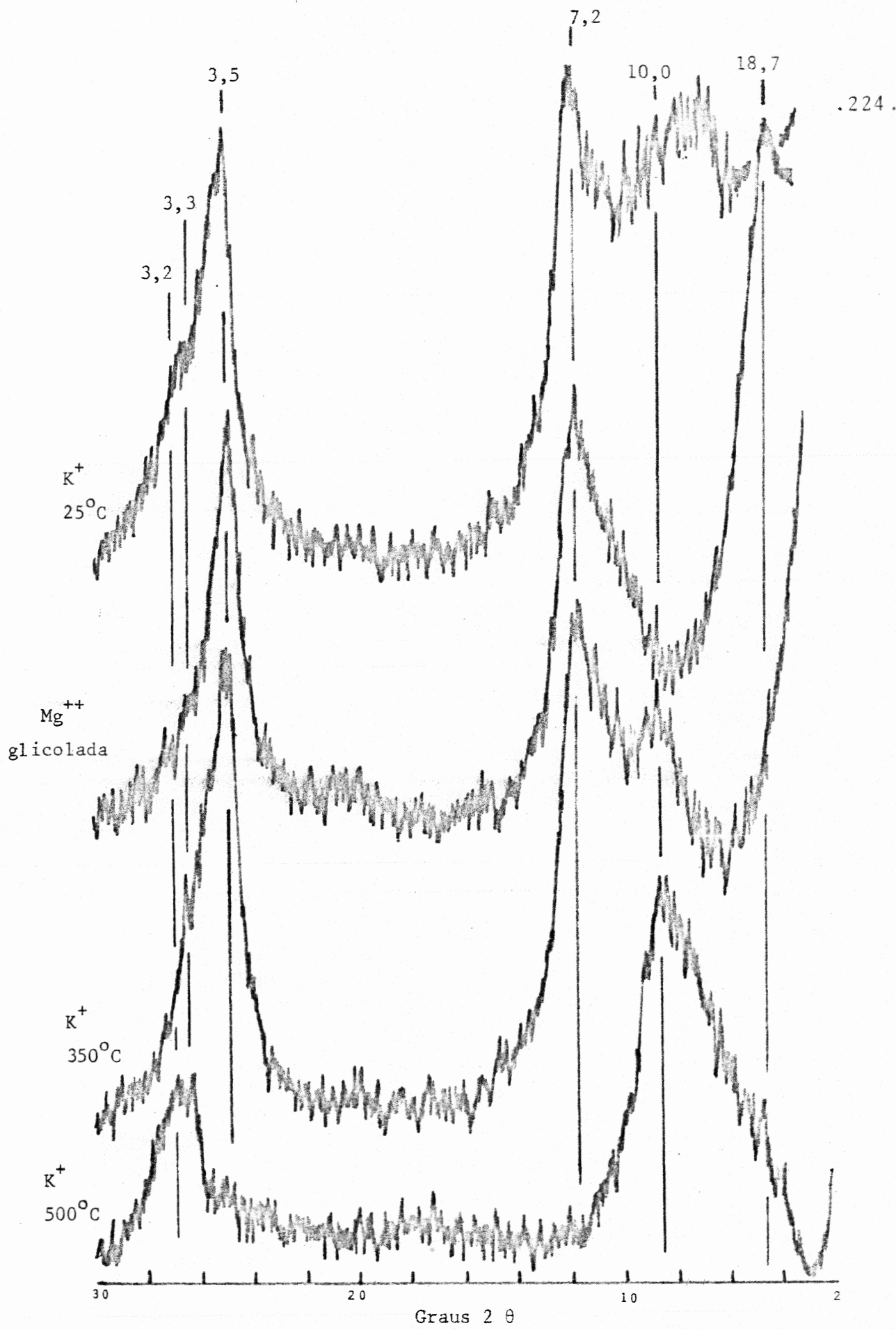


Figura 28 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22t} do perfil 2.

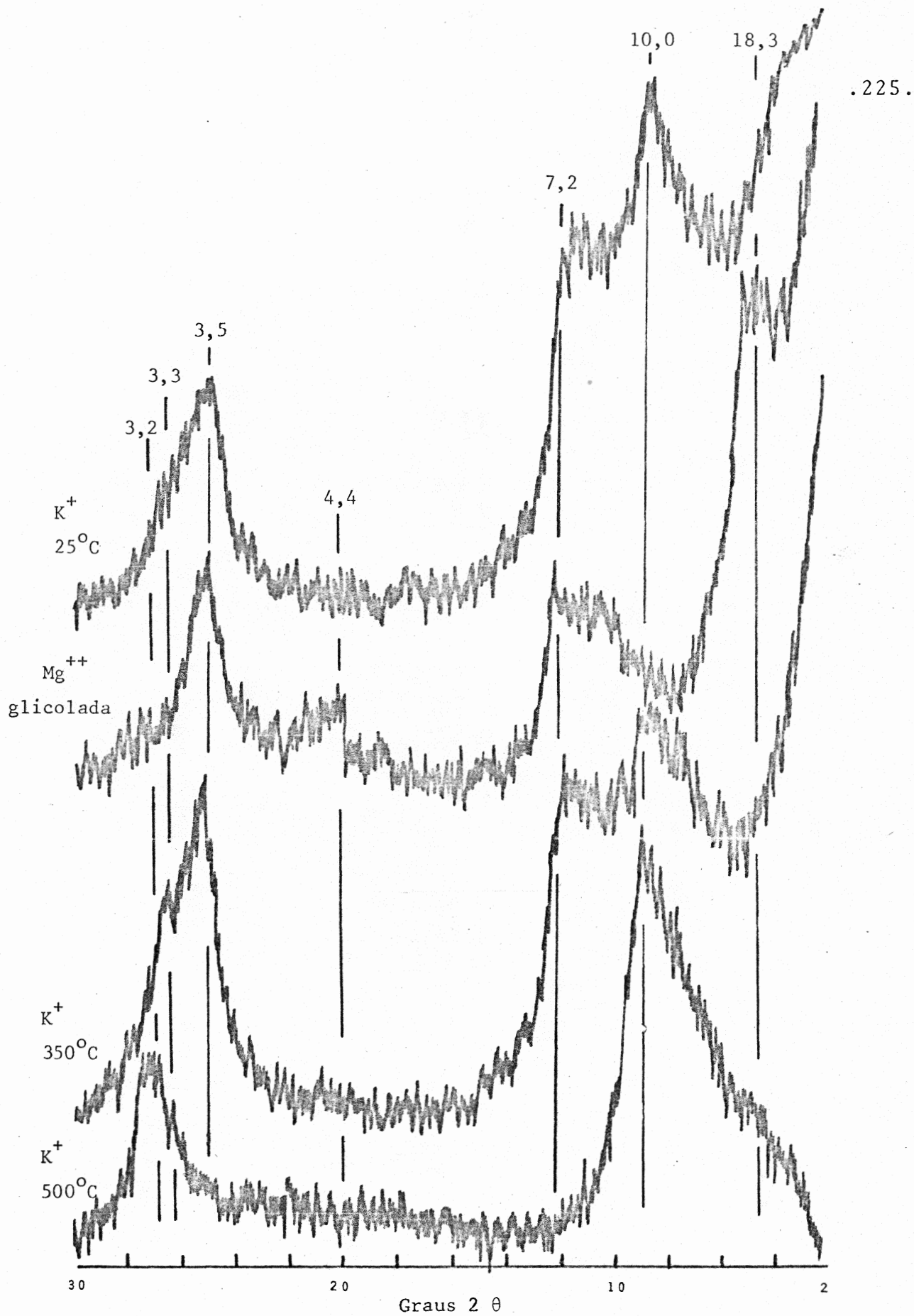


Figura 29 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 2.

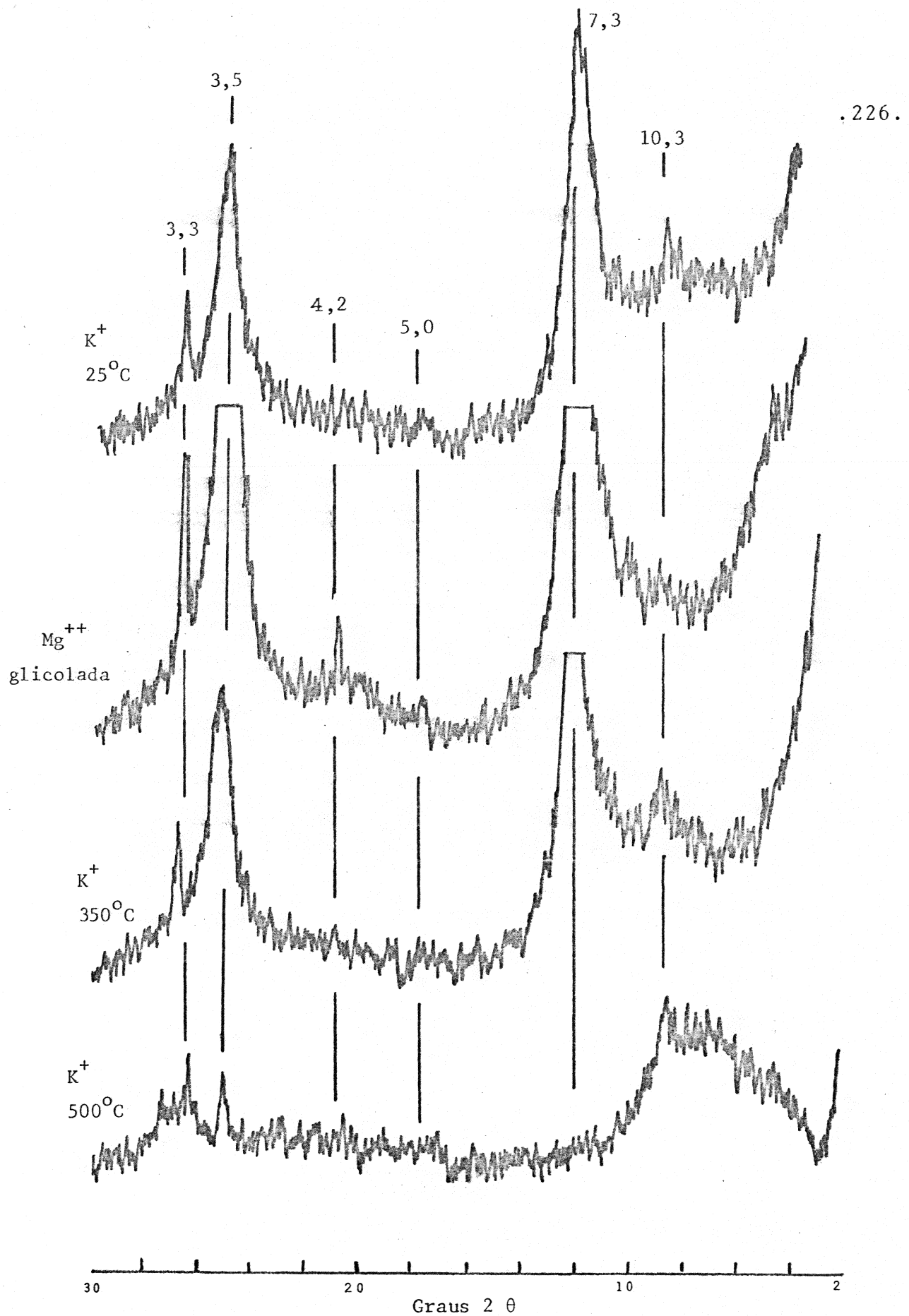


Figura 30 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 3.

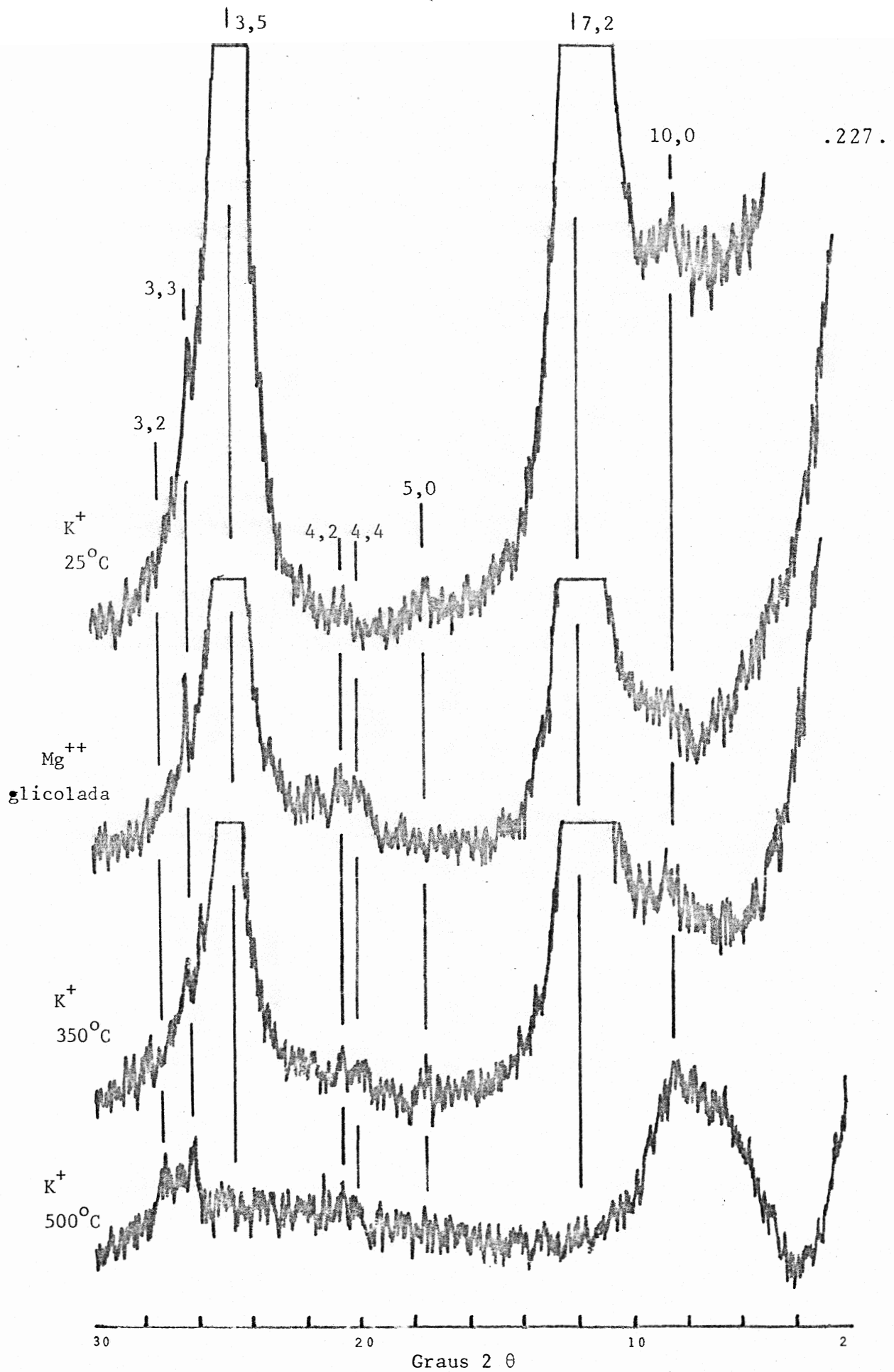


Figura 31 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22t} do Perfil 3.

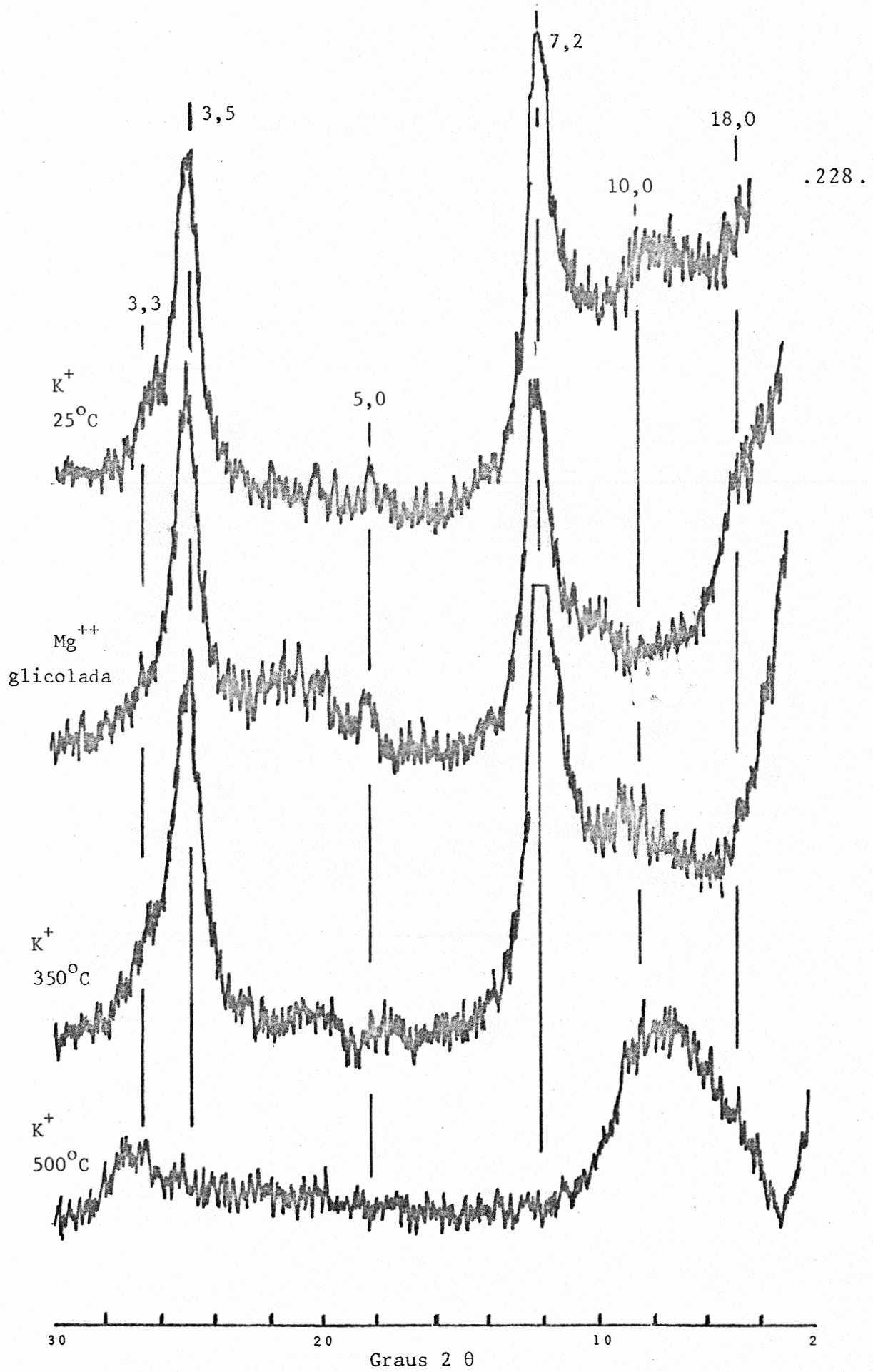


Figura 32 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_3/C do perfil 3.

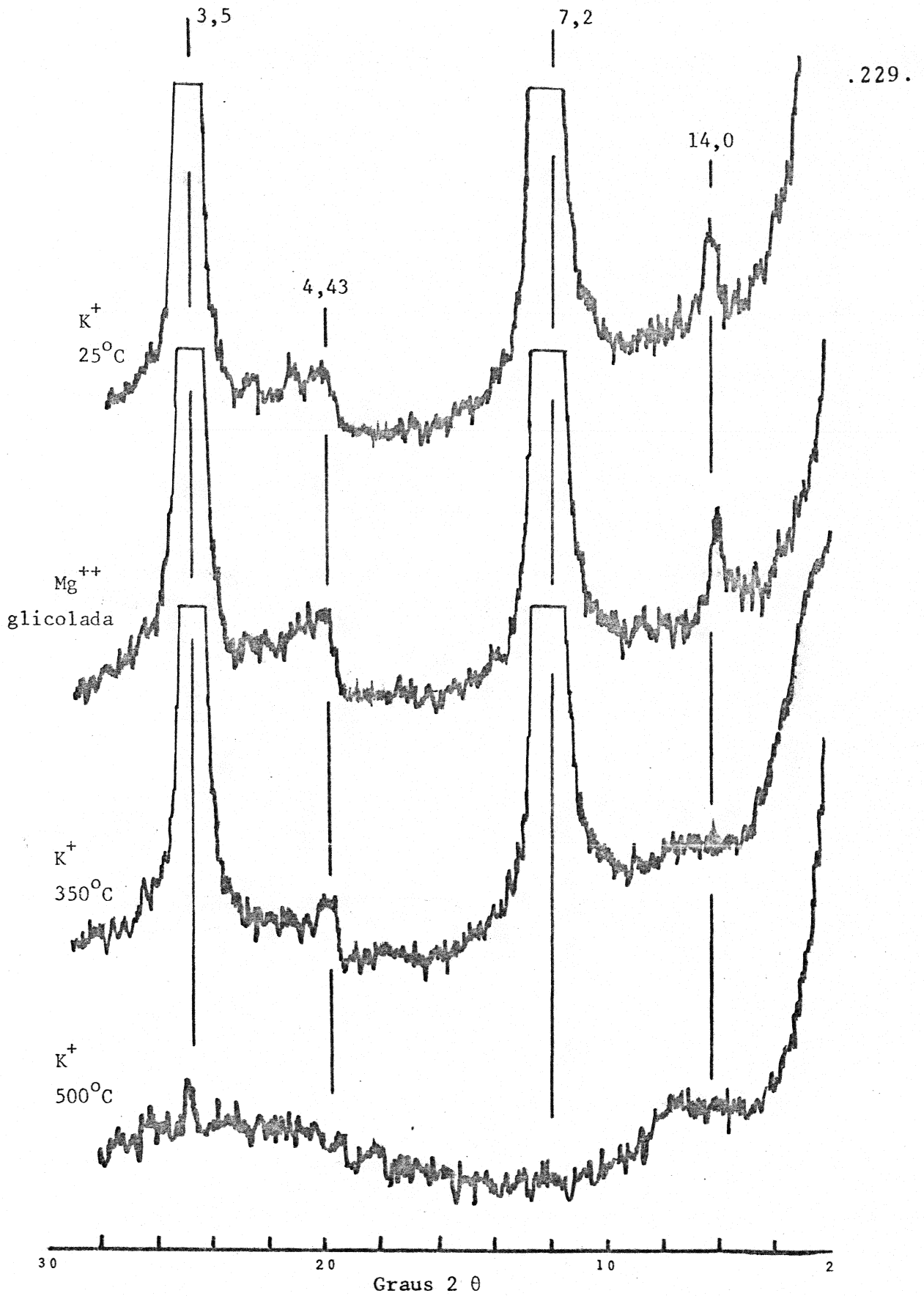


Figura 33 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 4.

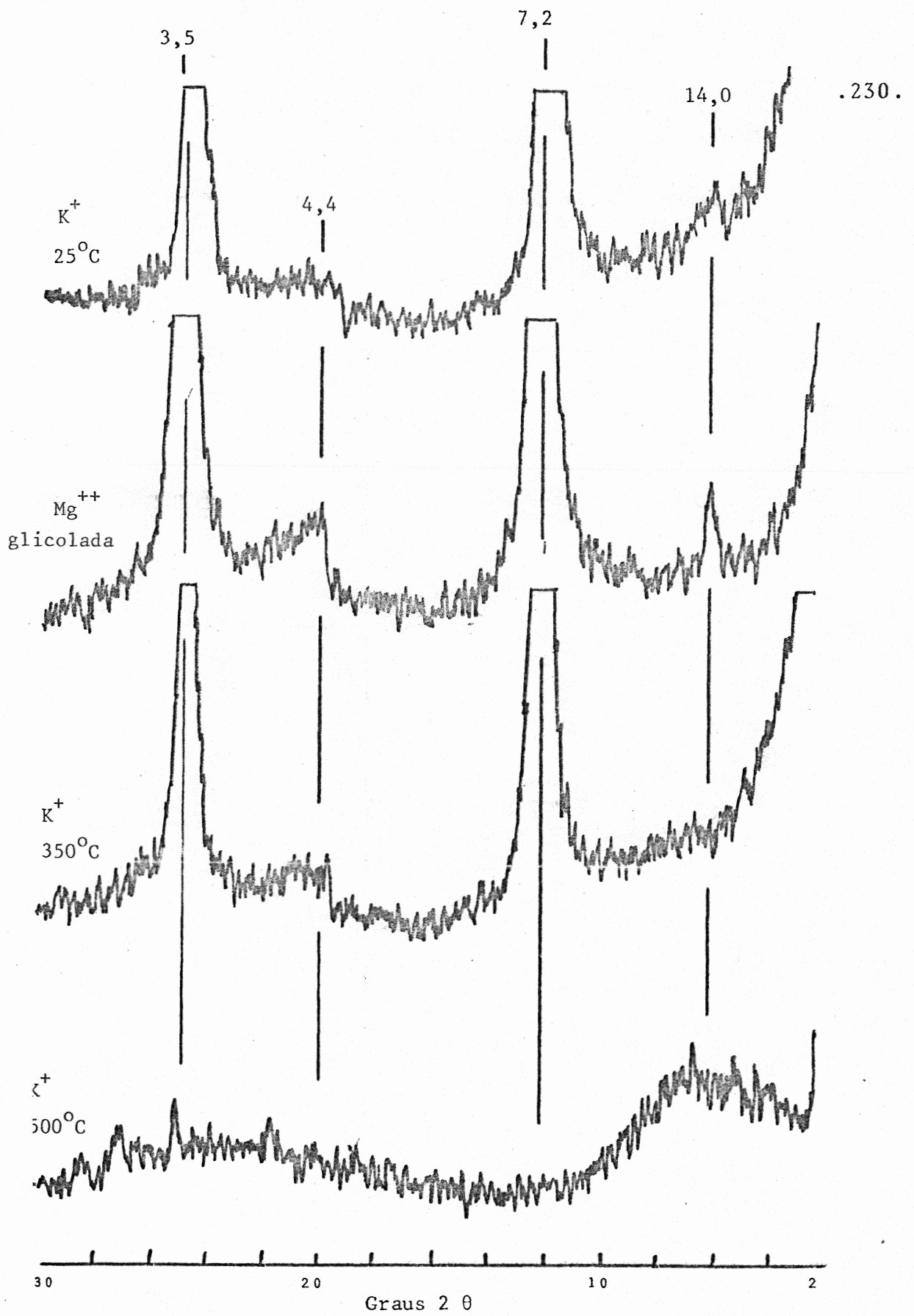


Figura 34 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₂₂ do perfil 4.

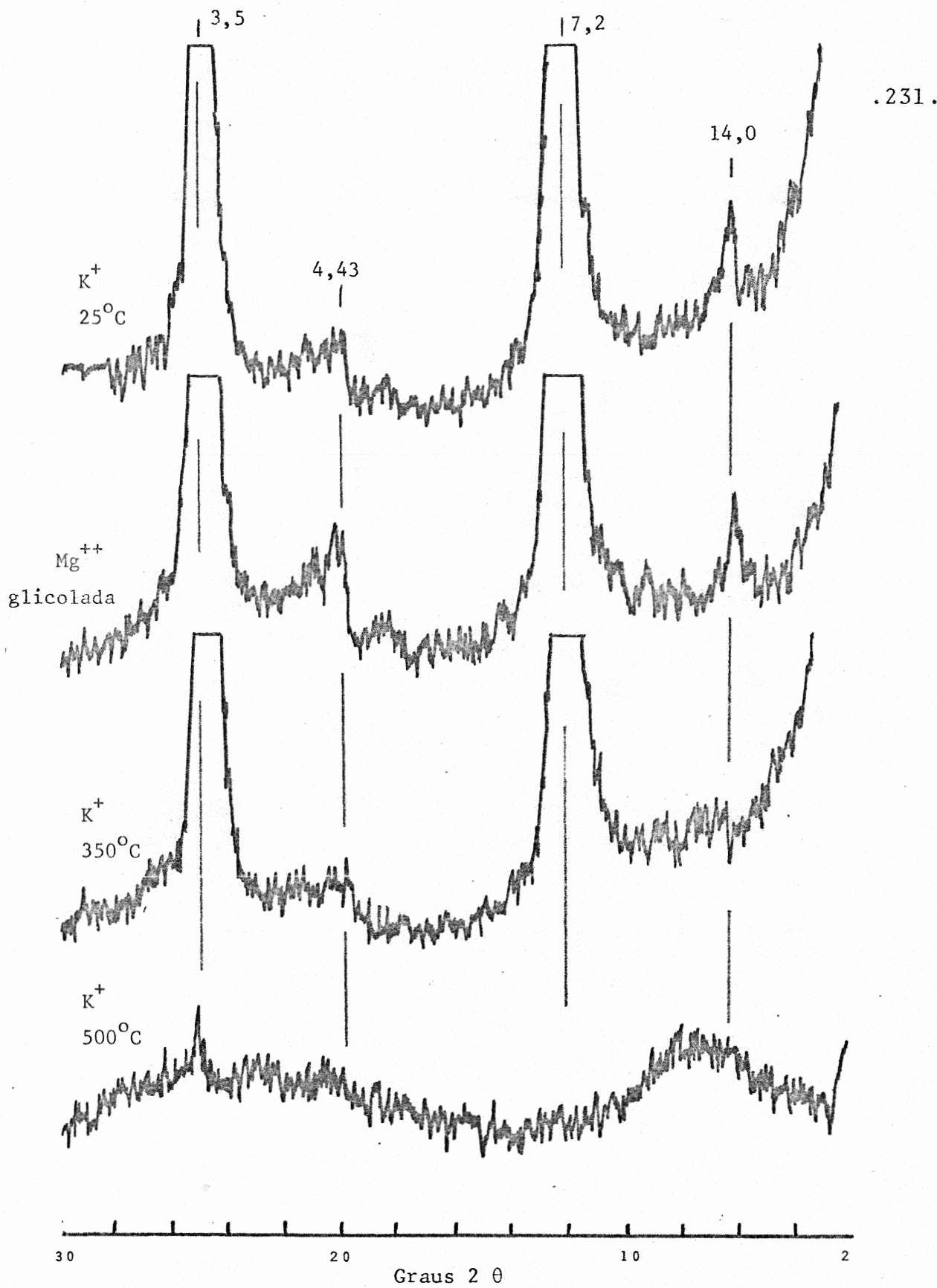


Figura 35 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₂₃ do perfil 4.

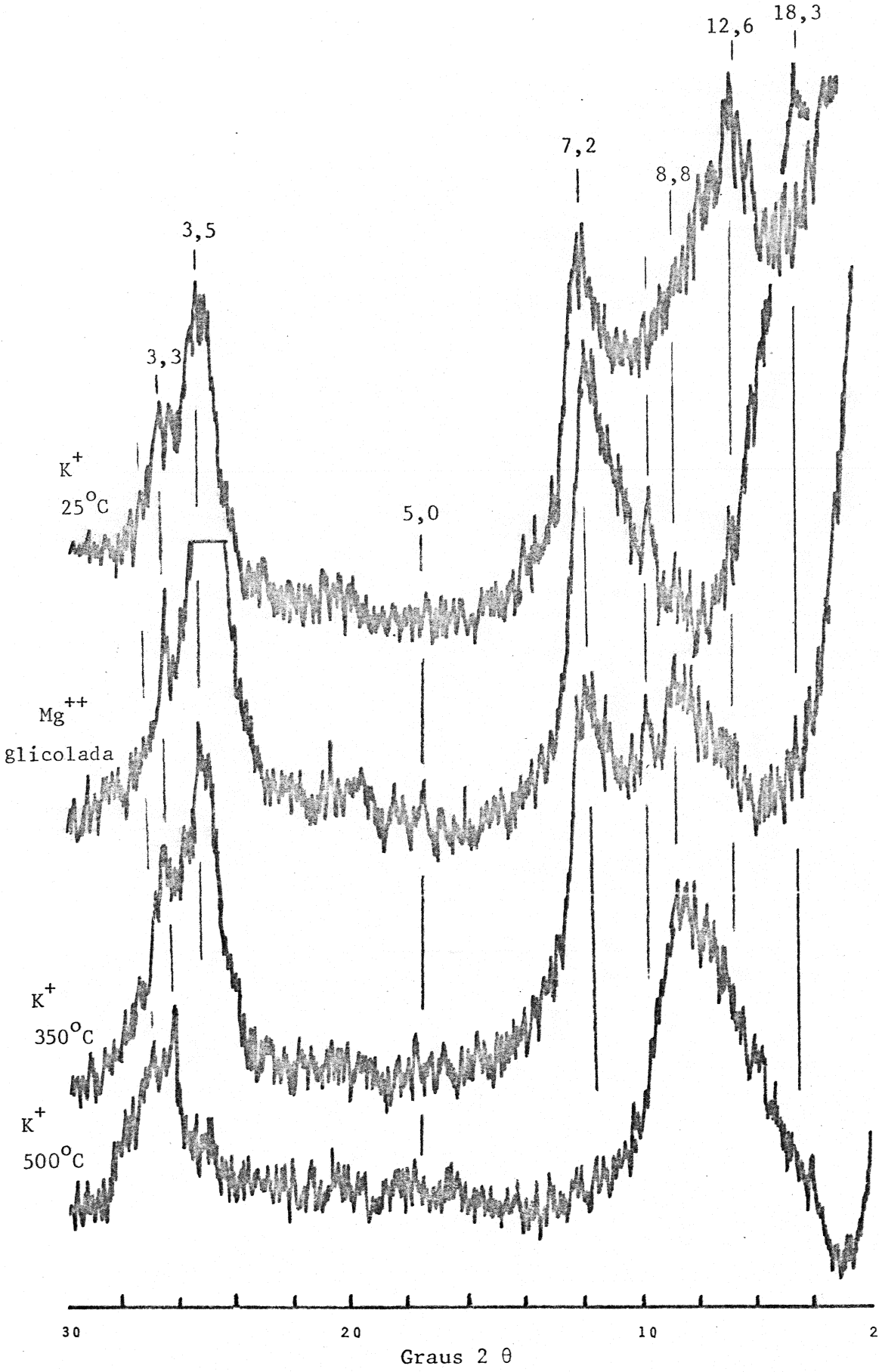


Figura 36 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 5.

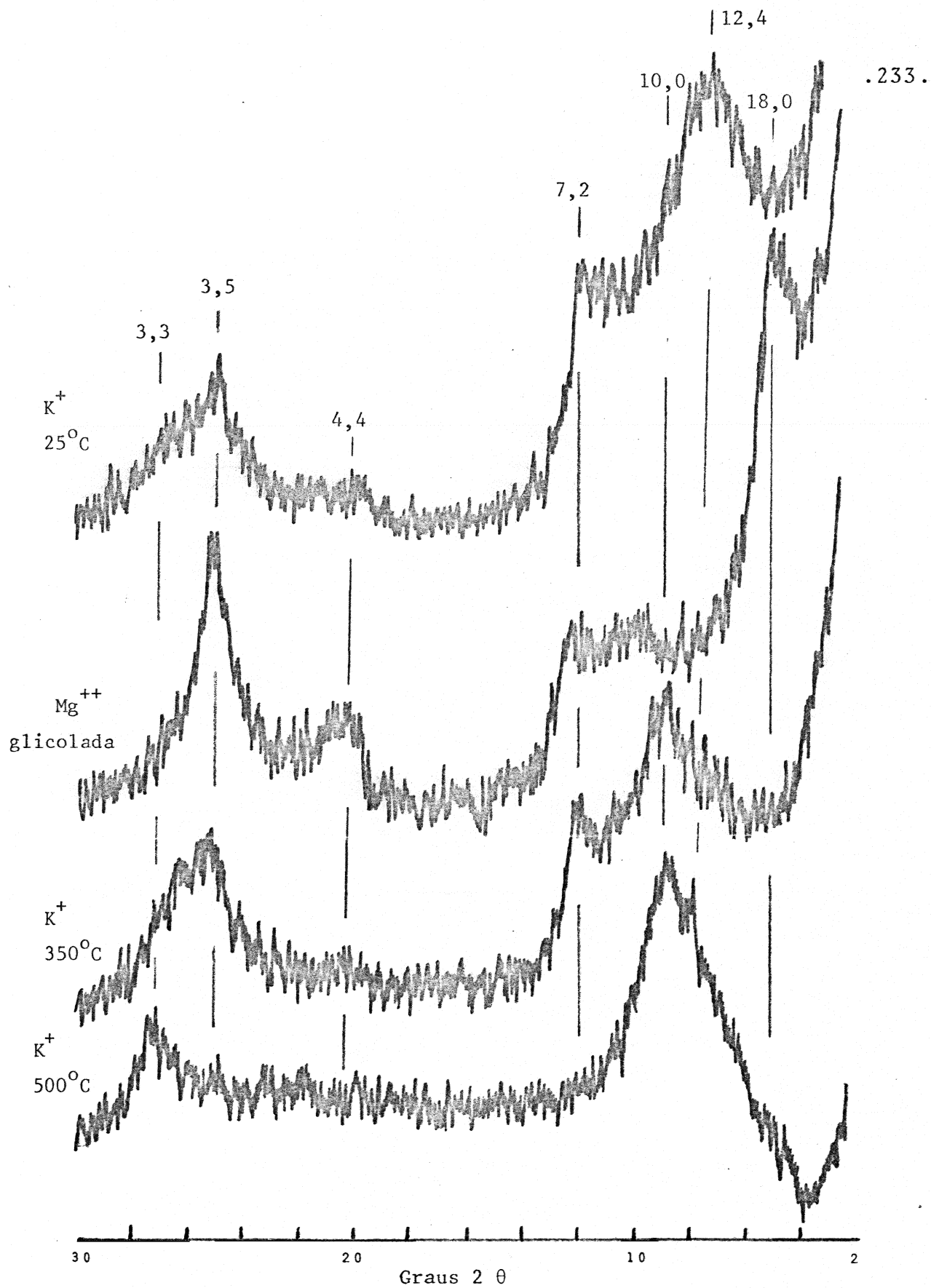


Figura 37 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 5.

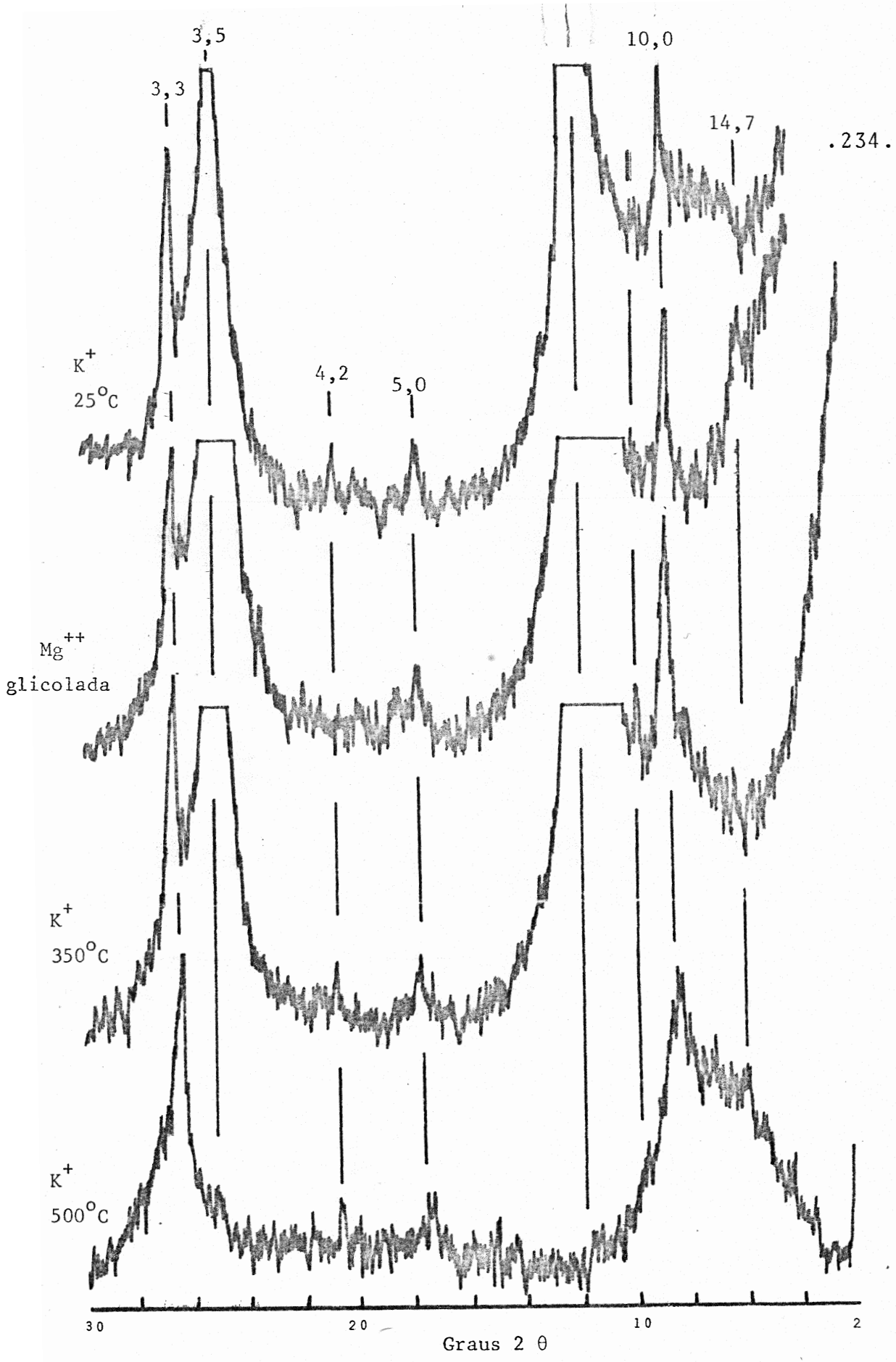


Figura 38 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 6.

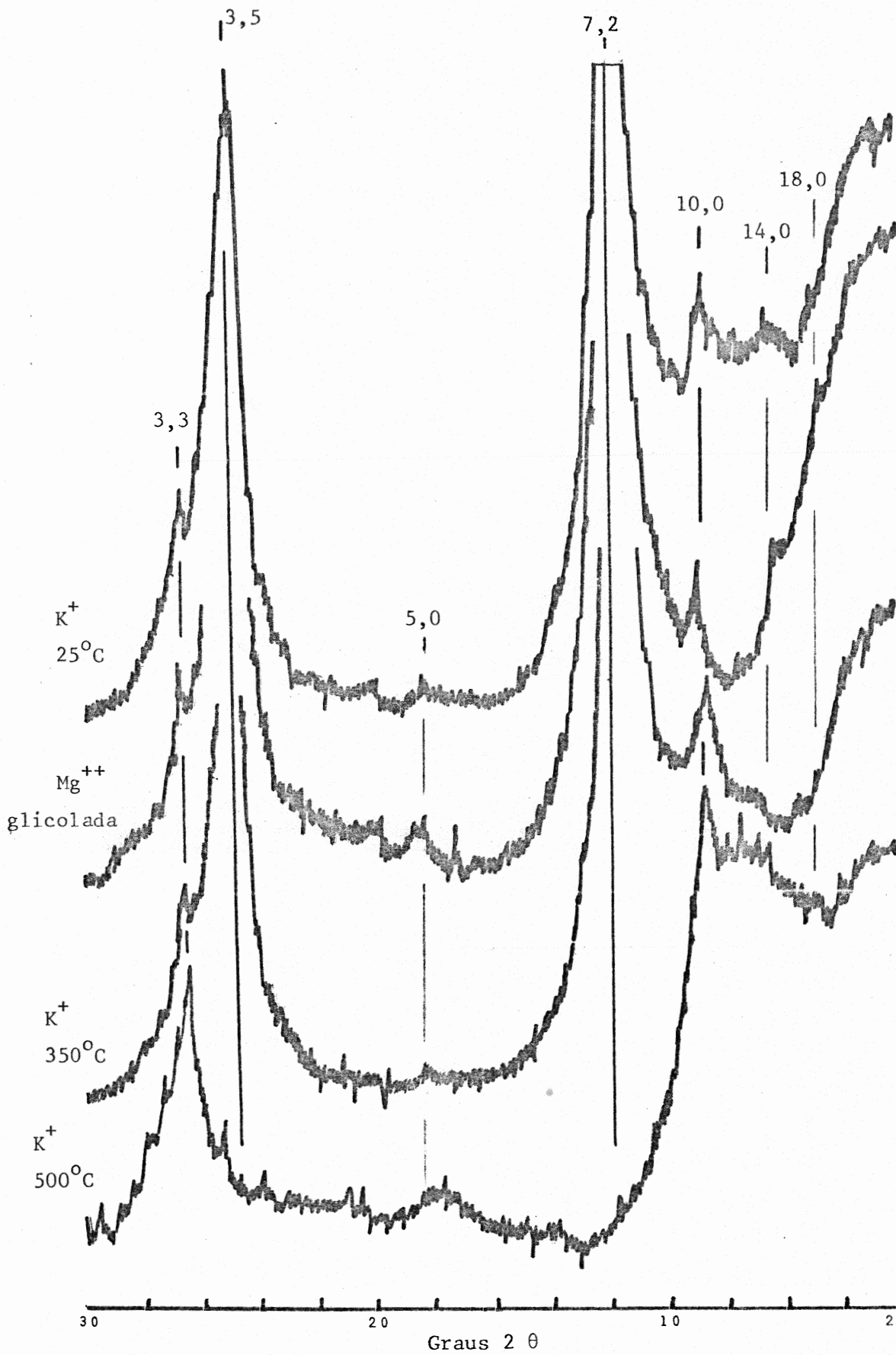


Figura 39 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22t} do perfil 6.

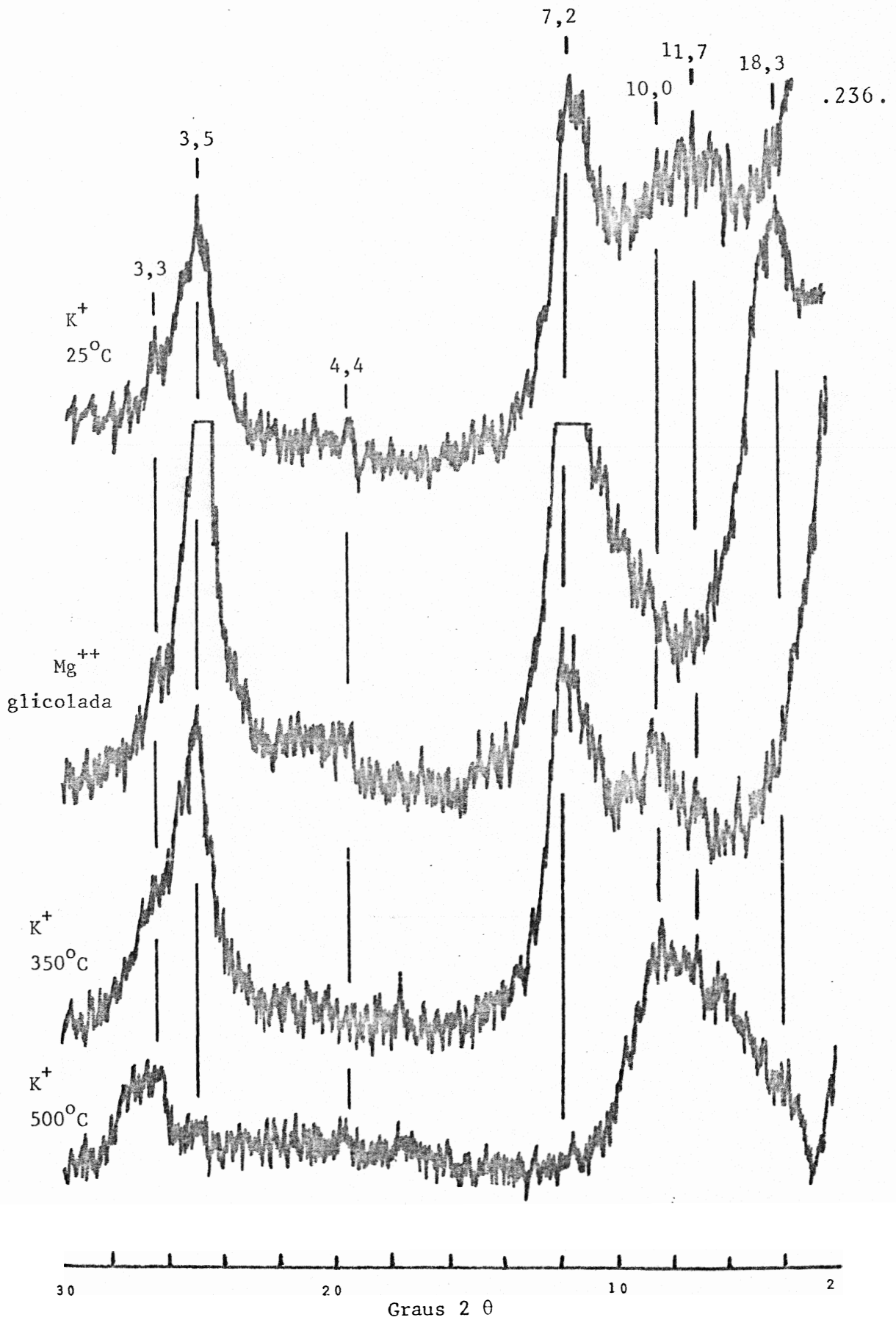
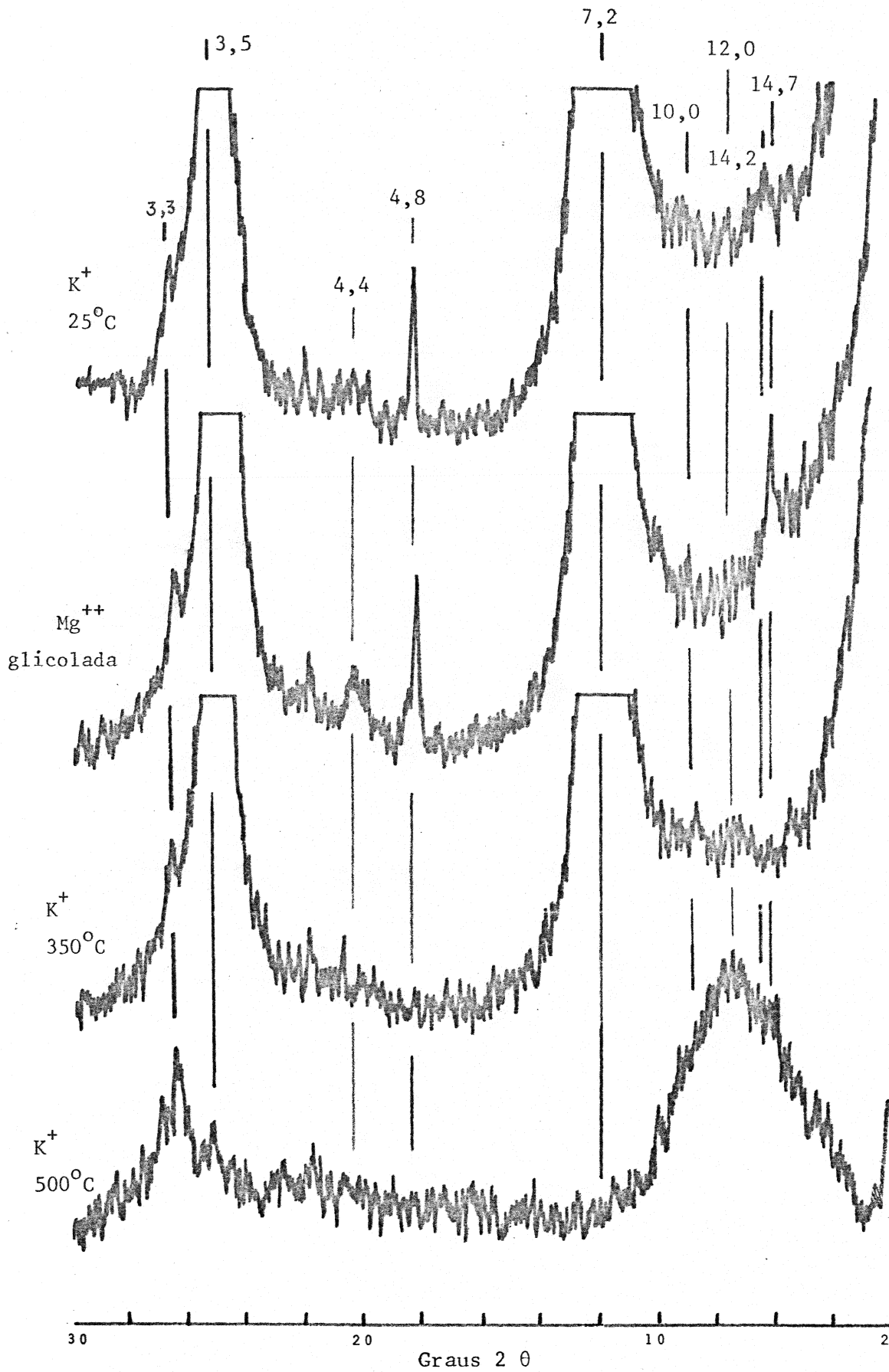


Figura 40 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 6.



.237.

Figura 41 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 7.

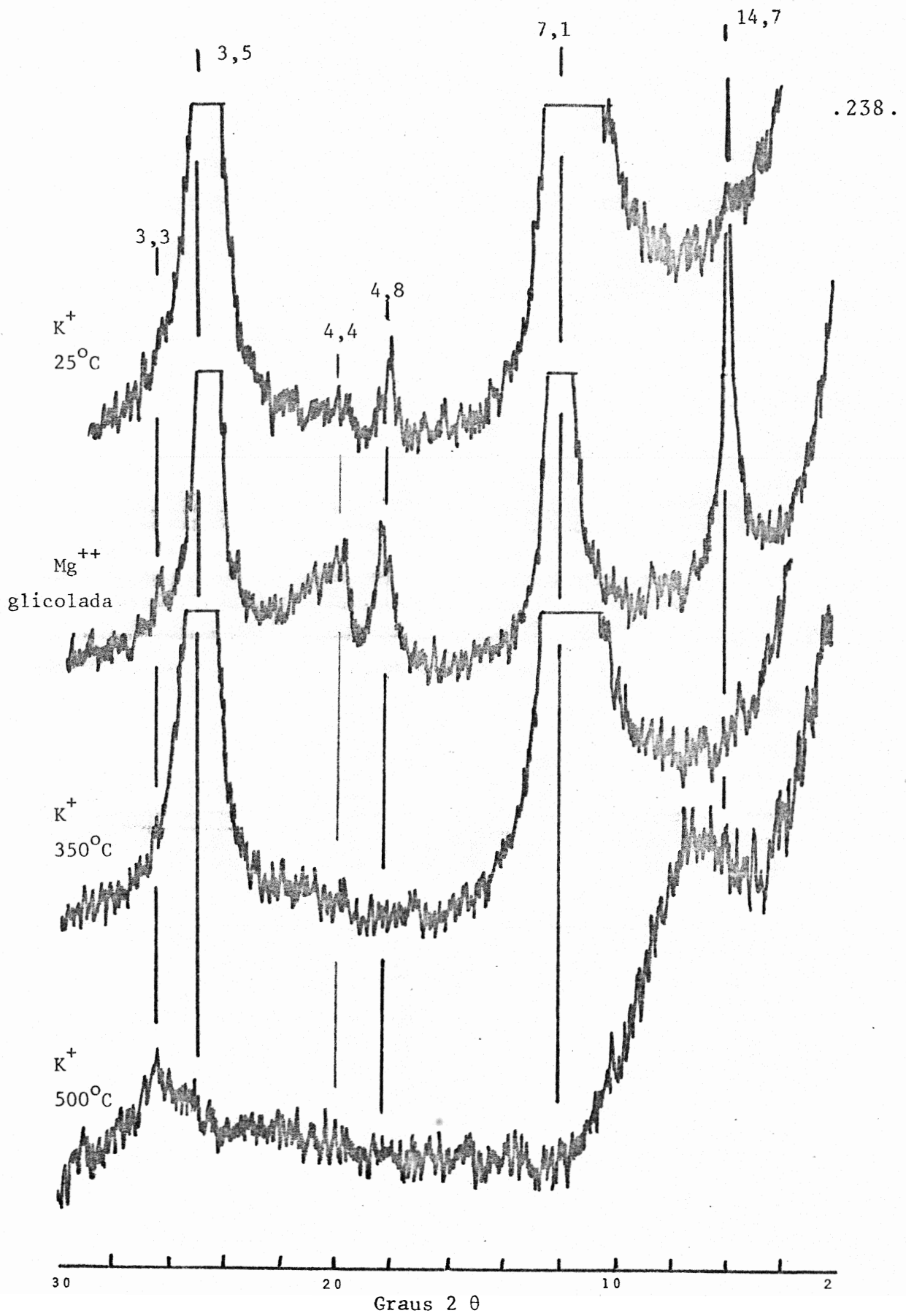


Figura 42 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22t} do perfil 7.

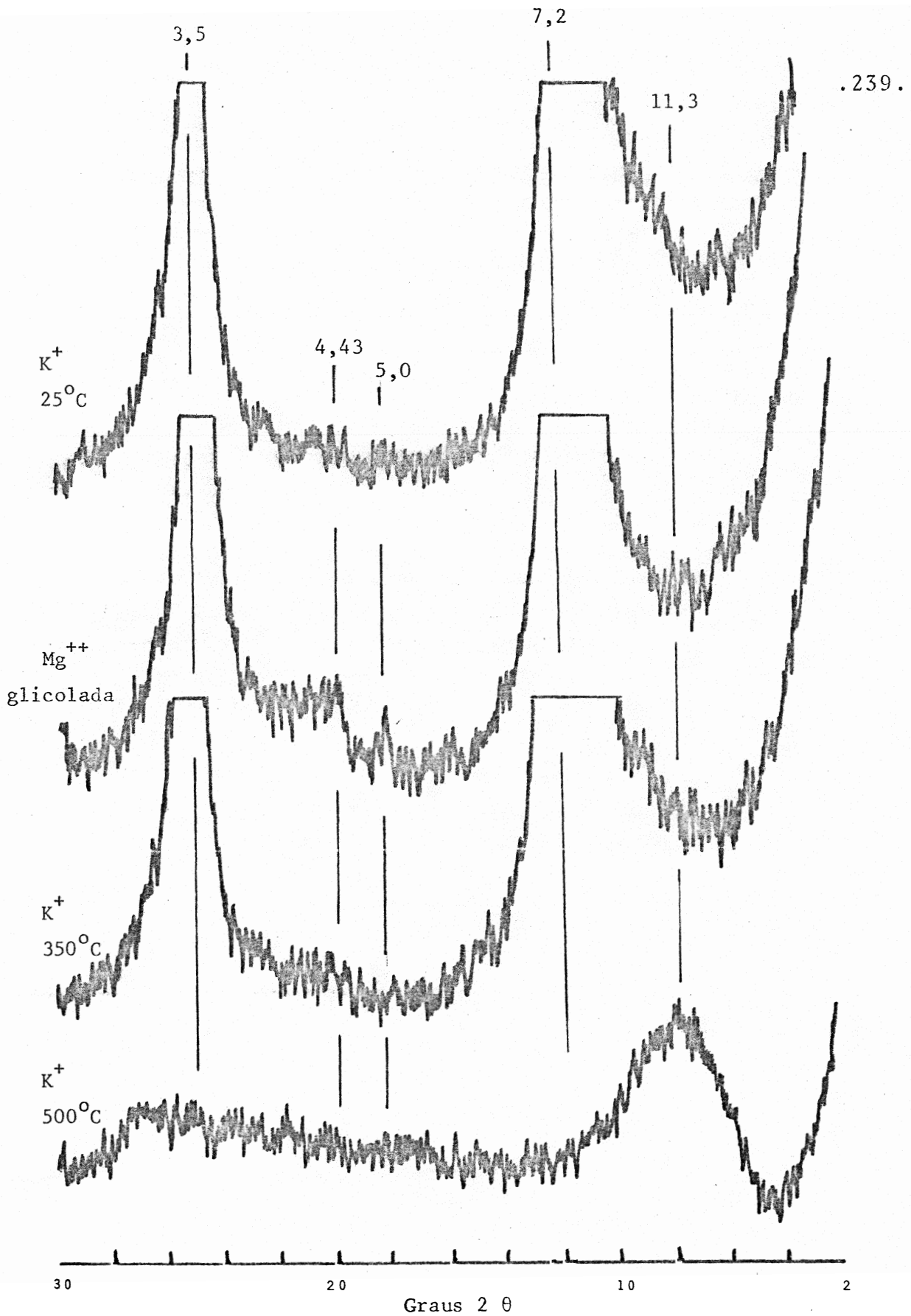


Figura 43 - Difratoograma da fração argila do horizonte C do perfil 7.

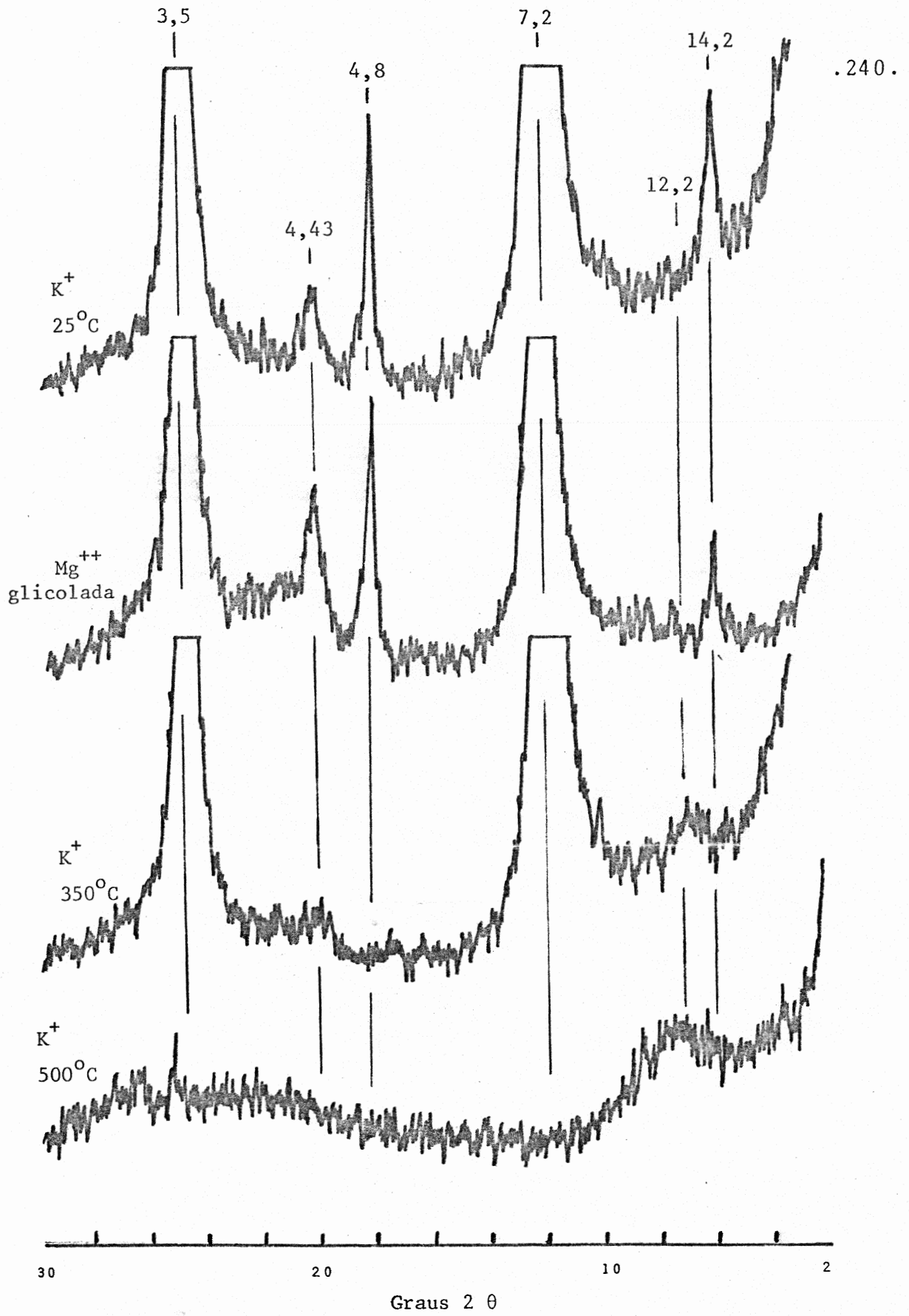


Figura 44 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 8.

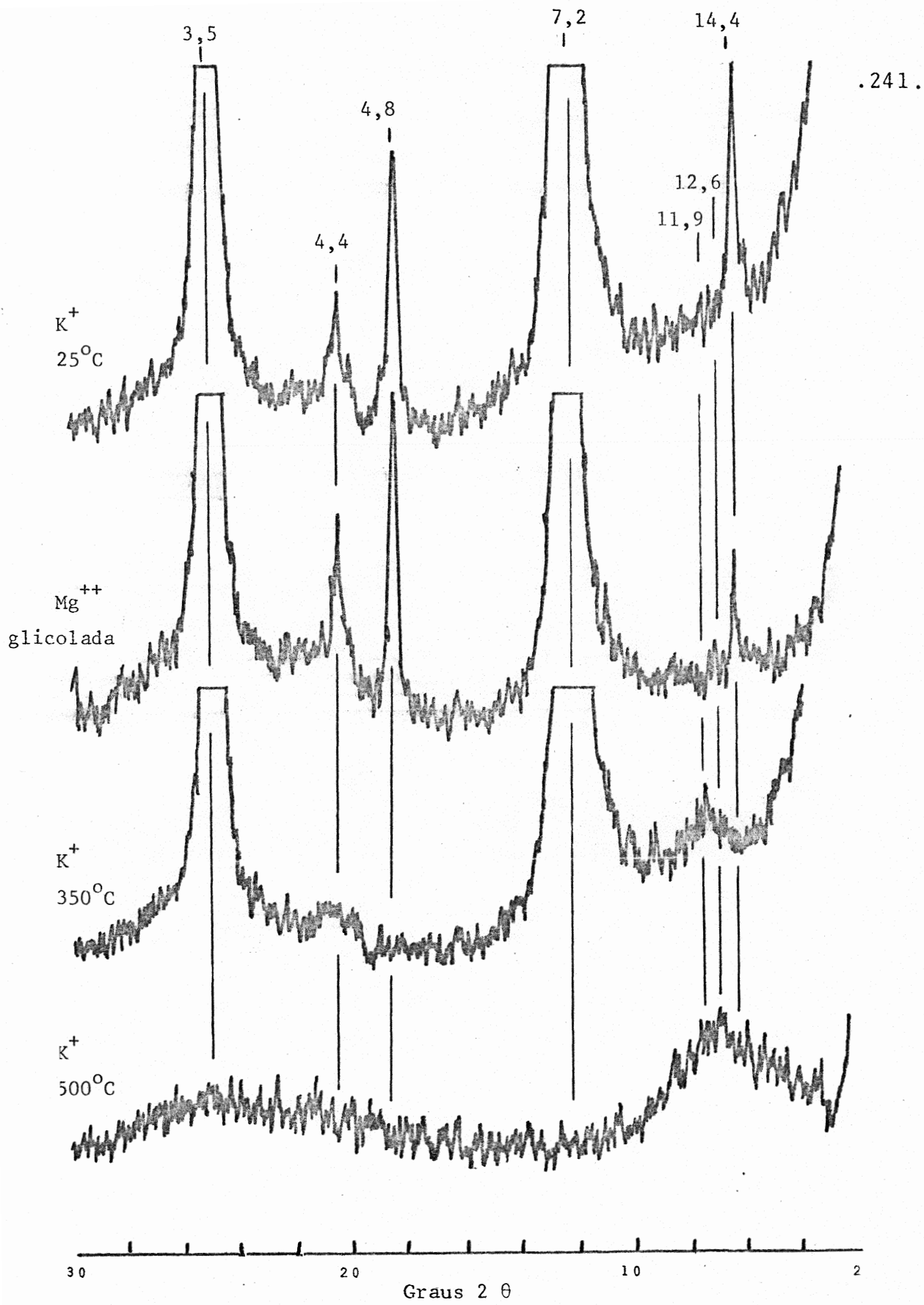


Figura 45 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₂₂ do perfil 8.

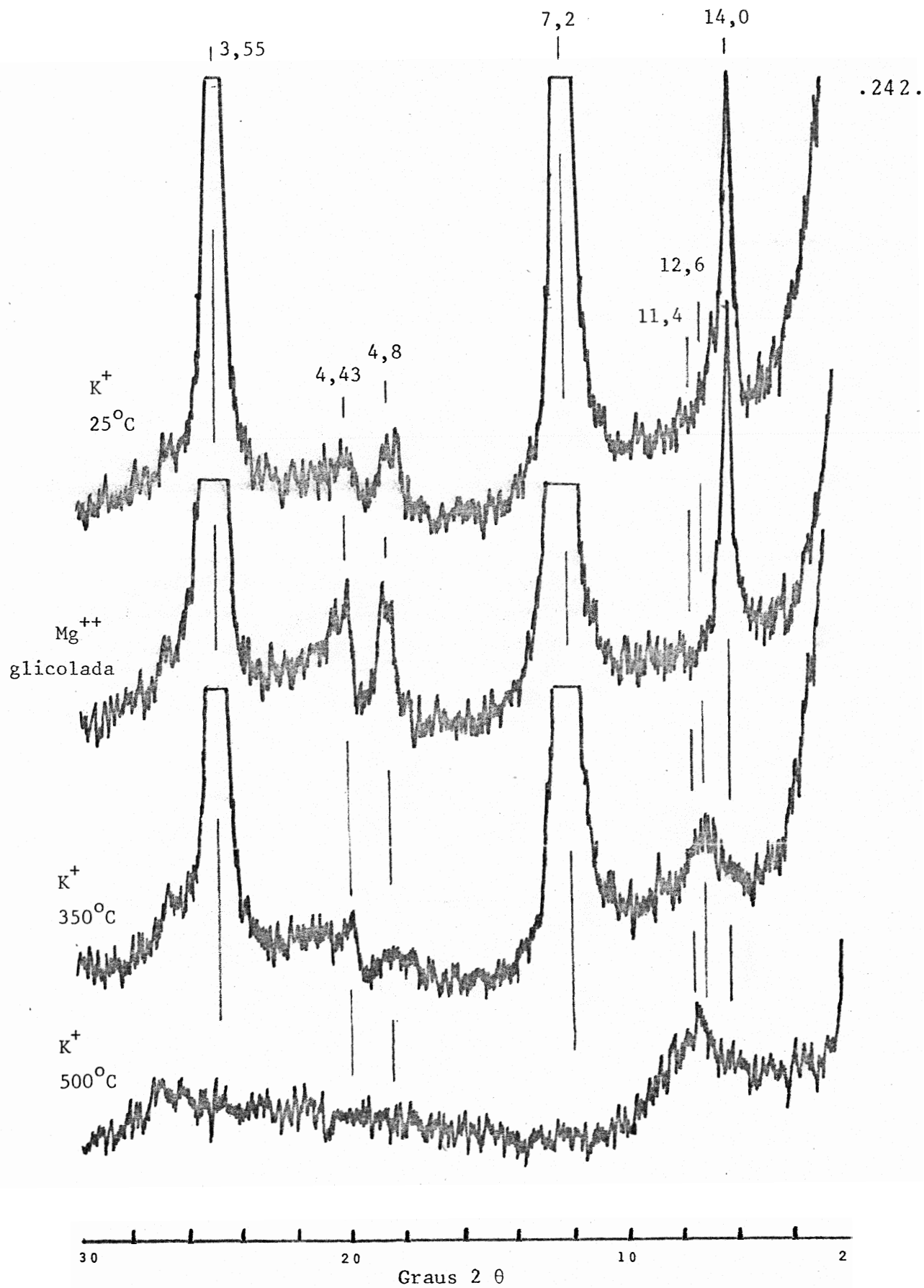


Figura 46 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 9.

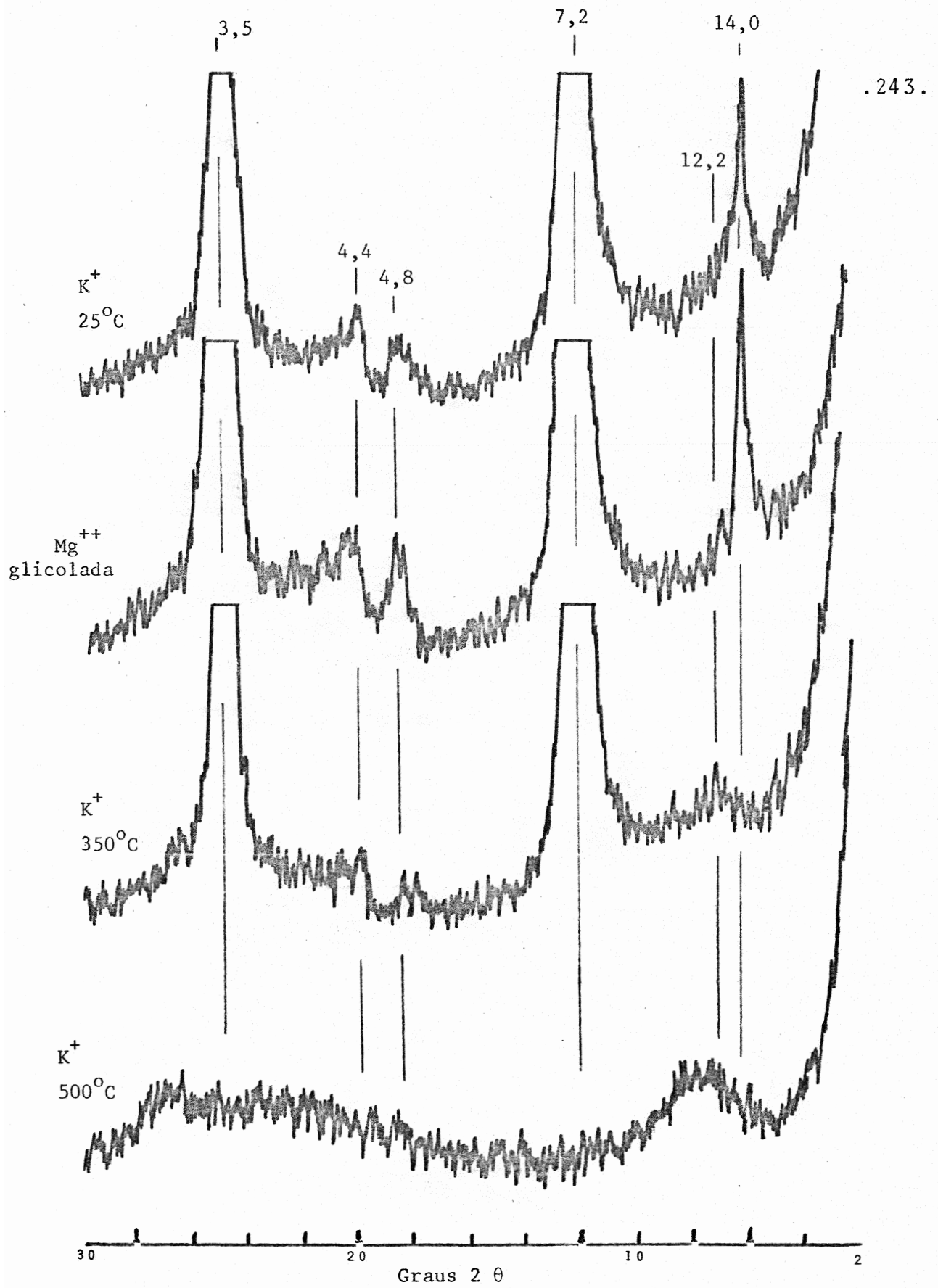


Figura 47 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22} do perfil 9.

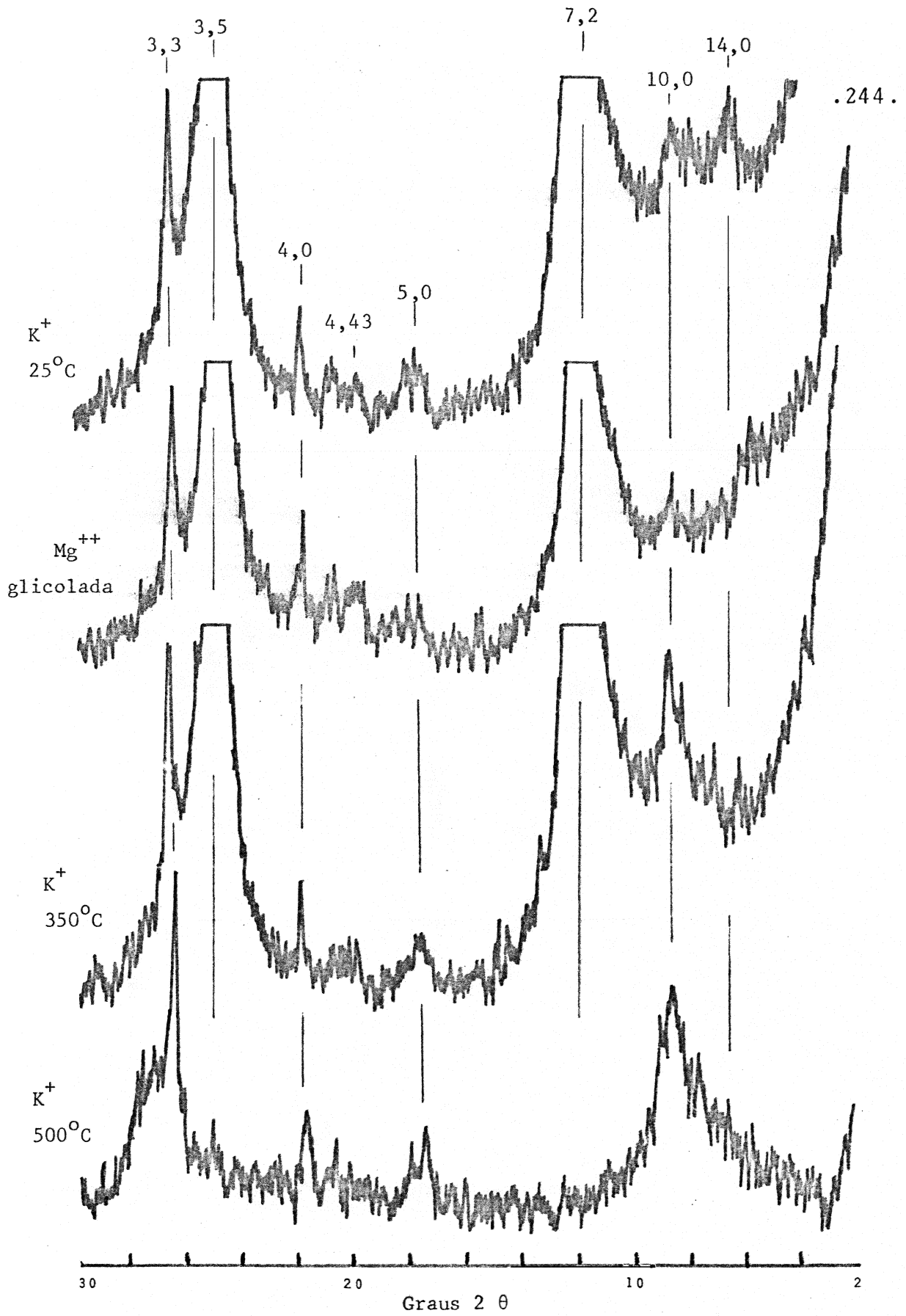


Figura 48 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 10.

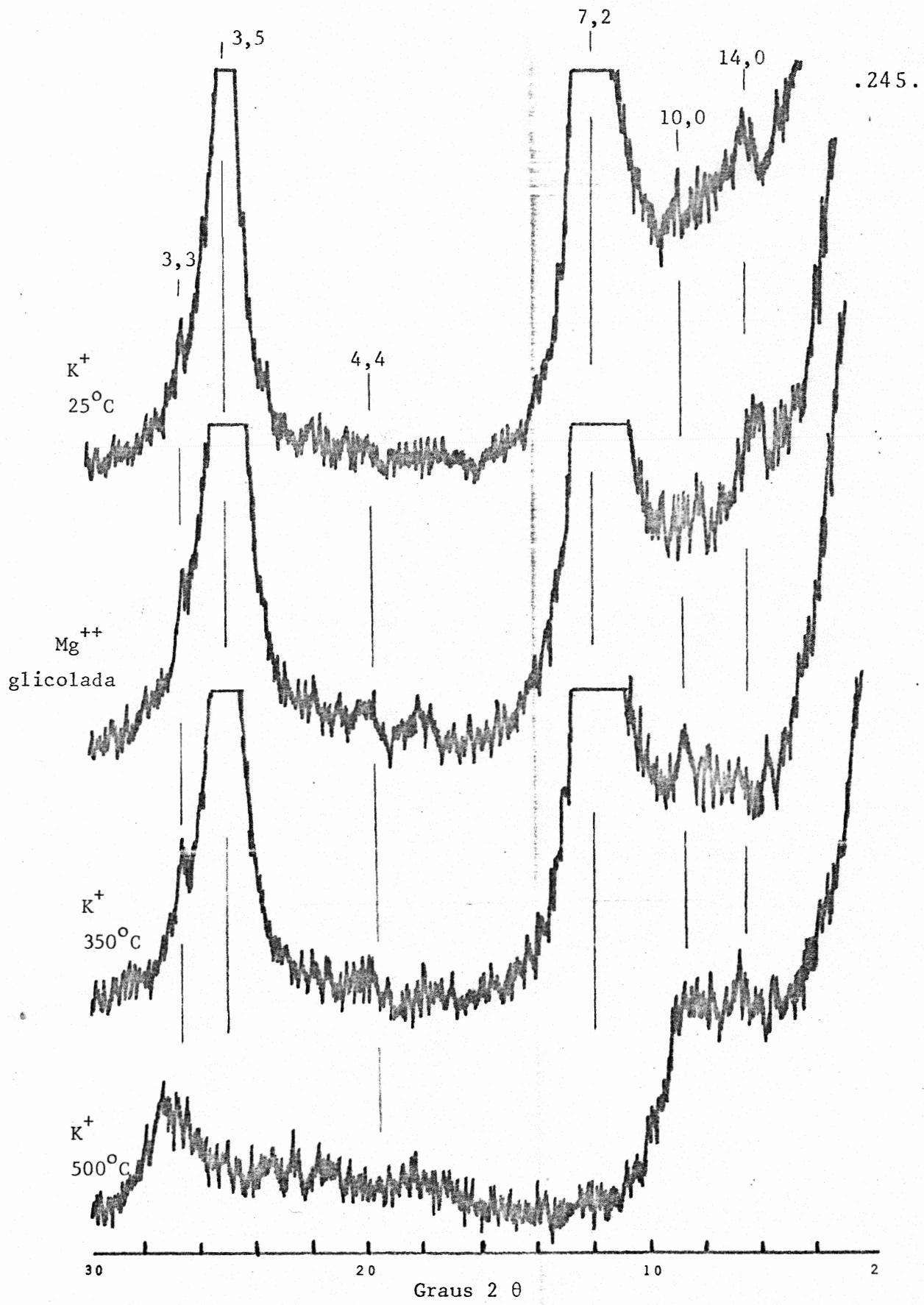


Figura 49 - Difratoograma da fração argila do horizonte B_{22t} do perfil 10.

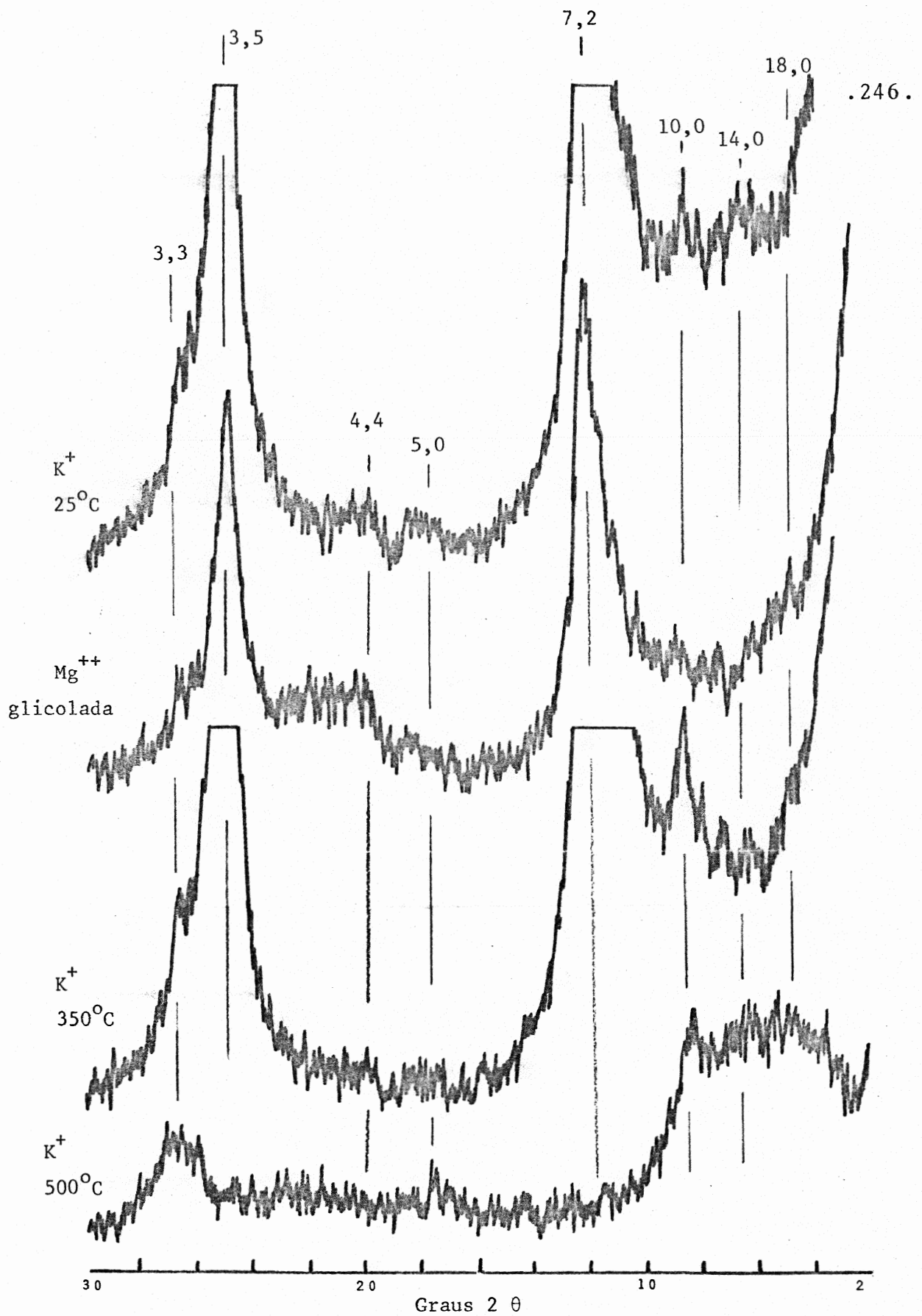


Figura 50 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₃/C do perfil 10.

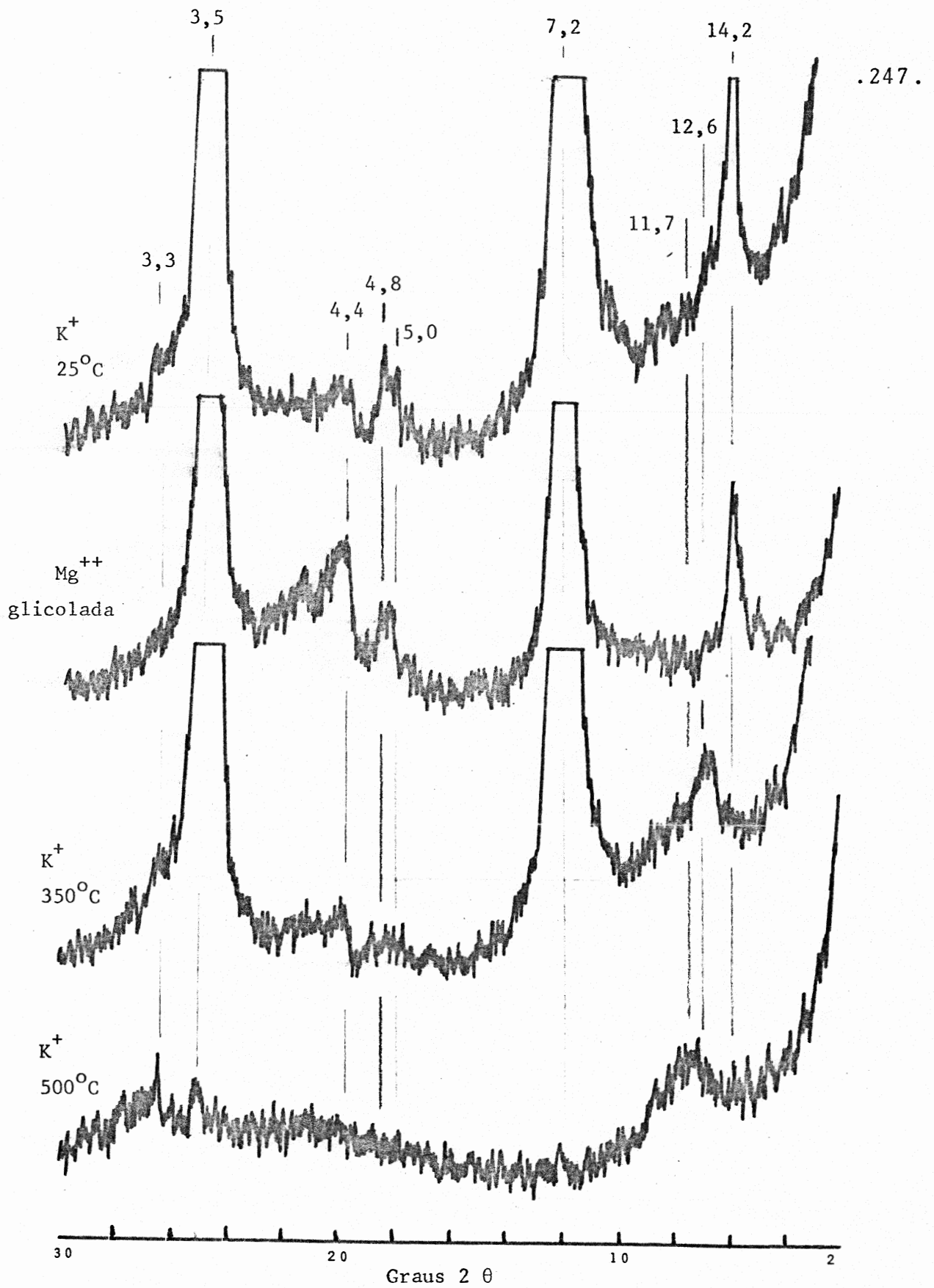


Figura 51 - Difratoograma da fração argila do horizonte A_p do perfil 11.

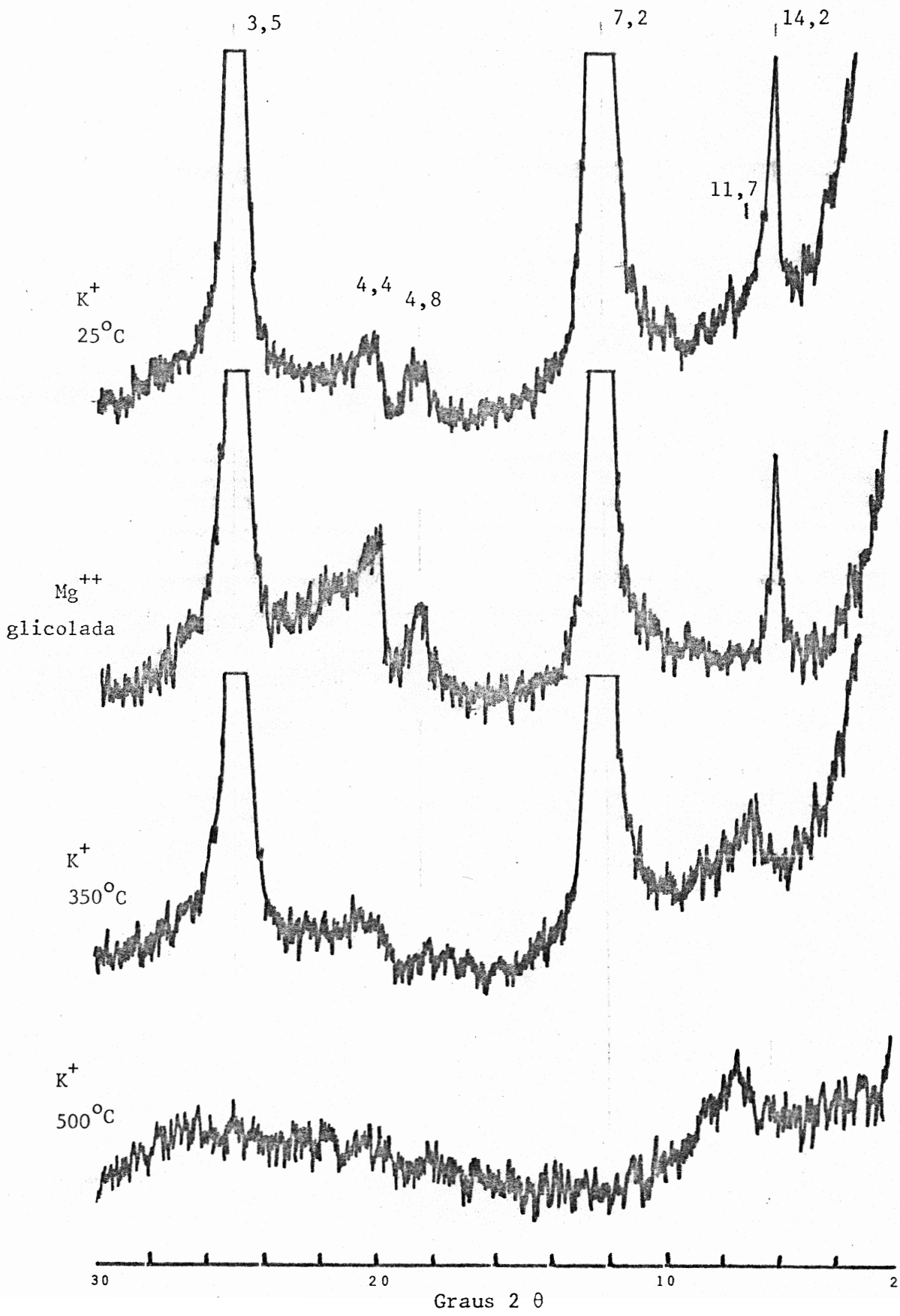


Figura 52 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₂₂ do perfil 11.

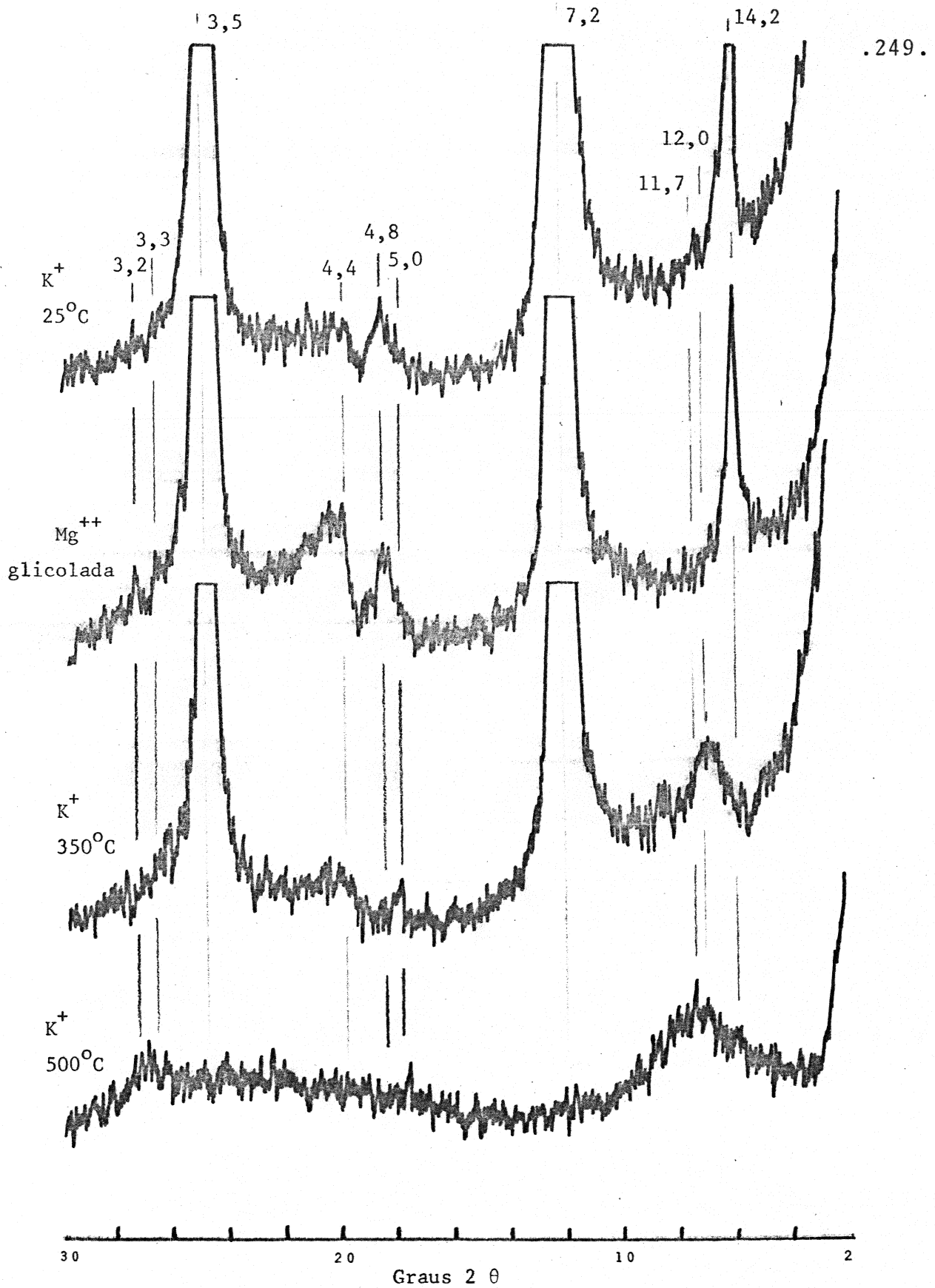


Figura 53 - Difratoograma da fração argila do horizonte B₂₃ do perfil 11.