

DESCONTINUIDADE LITOLÓGICA
DE ALGUNS SOLOS DA
REGIÃO DE PIRACICABA

ANTONIO ELÍSIO MENESES LÔBO

Bel. em História Natural

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo

— 1 9 7 1 —

A meus pais

e

irmãos

ofereço

A G R A D E C I M E N T O S

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

Prof. Dr. Antônio Carlos Teixeira Mendes, pela orientação no presente trabalho.

Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pelas sugestões e irrestrita colaboração durante todo o trabalho.

Prof. Dr. Arary Marconi, pelas sugestões e ajuda na identificação microscópica das espécies mineralógicas.

Dr. Antônio Batista Ferreira Lima, pela revisão do resumo em inglês.

Eng^{os}. Agr^{os}. Wanderley José de Melo e Hermes Fadel, pela revisão do texto em português.

Prof^a. Francisca Maria de Vasconcelos Fontenelle, pelo constante estímulo e apóio dispensado.

Sr. Helder Fontenelle, aluno de Eletrotécnica do C.T.U., da Univ. Fed. de Juiz de Fora, MG, pelo desenho dos gráficos.

Ao Dept^o de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pela cessão do laboratório onde foi realizado êste trabalho.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P., por ter permitido a realização do presente trabalho.

Ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, pela concessão de Bôlsa de Estudo durante todo o curso.

Ao Sr. Miguel Célio Hyppolito, pelos trabalhos datilográficos e ao Sr. Pascoalino Tabai, pela mimeografia do trabalho.

A todos aquêles que, de uma maneira ou de outra, cooperaram, direta ou indiretamente, para a elaboração do presente trabalho de pesquisa.

C O N T E Ú D O

	Página
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	3
3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	11
3.1 - <u>Material</u>	11
3.1.1 - Solos.....	11
3.1.2 - Peneiras.....	18
3.1.3 - Instrumental Óptico.....	19
3.2 - <u>Método</u>	19
3.2.1 - Amostragem.....	19
3.2.2 - Preparo da amostra.....	20
3.2.2.1 - Remoção dos sais solúveis e cátions divalentes trocáveis.....	20
3.2.2.2 - Decomposição da matéria orgânica e dissolução do MnO ₂ por tratamento com H ₂ O ₂ ...	20
3.2.2.3 - Remoção dos óxidos de ferro livre.....	21
3.2.2.4 - Dispersão e separação da areia.....	22
3.2.3 - Análise mecânica da areia total.....	22
3.2.4 - Separação das frações leve e pesada.....	23
3.2.5 - Montagem das lâminas para análise microscópica.....	25
3.2.6 - Contagem dos grânulos e identificação das espécies minerais.....	25
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	27
4.1 - <u>Análise mecânica da areia total</u>	27
4.2 - <u>Análise mineralógica da fração areia fina</u> ...	35
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	56
6 - <u>RESUMO</u>	58
7 - <u>SUMMARY</u>	60
8 - <u>BIBLIOGRAFIA</u>	62

1 - INTRODUÇÃO

Após o desenvolvimento do novo sistema de classificação de solos, introduzido pelos Estados Unidos da América do Norte, em diversas etapas, a partir de 1960, a mineralogia do solo, tanto das frações grosseiras quanto das frações mais finas, recebeu um considerável avanço.

Este sistema de classificação é essencialmente um sistema morfo-genético, onde as características do solo são observadas com mais critério. Devido, principalmente a este fato, e considerando que o solo nada mais é do que uma assembléia de minerais, é que as diversas sequências dos minerais que são regidos pela ação do intemperismo puderam ser, parcial ou totalmente, solucionadas.

Muitas razões podem ser citadas para explicar a falta de dados mineralógicos, em estudos de classificação e mesmo de gênese de solos, antes da década de 60. Segundo Mc CRACKEN (34), as principais razões para explicar este fato devem-se aos seguintes fatores: a) falta de informações a respeito da natureza cristalina dos minerais; b) uma ênfase prévia a respeito das características diferenciais externas antes de serem observadas as propriedades internas do solo, tais como as mineralógicas; c) atribuição de muito valor às características morfológicas observadas no campo, excluindo-se as determinações mineralógicas; d) falta de informações a respeito de correlações entre as propriedades do solo e as mineralógicas.

De acordo com este mesmo autor, um dos problemas a gravantes no estudo da classificação de solos é a constatação da uniformidade ou não do perfil de solo. É exatamente nesta questão que a mineralogia das frações grosseiras do solo torna-se imprescindível.

Baseado nestas palavras de Mc CRACKEN (34), é que foi proposto o presente trabalho.

Foram estudados quatro perfis de solos, de ocorrência na região de Piracicaba, Estado de São Paulo, em um total / de 3^º horizontes. Em cada horizonte foram diagnosticados os minerais pesados (zirconita, turmalina, estauroлита e opacos) e os leves (quartzo), em uma média de contagem de 400 grânulos por amostra. Posteriormente foram calculadas as relações entre ês-tes minerais para o estudo da uniformidade ou não dos perfis / dos solos em pauta.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os minerais são frequentemente classificados em dois grupos, com base nas suas respectivas densidades específicas. Há os denominados minerais leves, que possuem uma densidade específica menor que 2,85, e os minerais pesados, cuja densidade específica é maior que 2,85. As frações ditas leves incluem o quartzo, a calcita, os feldspatos, os minerais de argila e as micas. Estes minerais perfazem, mais ou menos, 98% dos sedimentos. Os minerais pesados, embora constituam somente 2% da amostra, incluem uma grande variedade de espécies sendo, por esta razão, / mais usados que a fração leve na caracterização particular de um depósito. A maior parte dos minerais pesados são acessórios.

A estabilidade, ou resistência ao intemperismo, das espécies minerais depende de um grande número de fatores, entre os quais, a dureza, a clivagem, o coeficiente de expansão, as fendas originais do cristal e a solubilidade no meio específico. Por outro lado, outros fatores como tamanho do grânulo ou a sua superfície específica podem vir a dominar. Algumas destas características são inerentes à espécie mineral, e outras podem vir a ser acidentais, como as fendas no cristal e tamanho do grânulo. As características acidentais são geralmente ignoradas na consideração da estabilidade relativa das espécies minerais, devido ao fato delas serem mais ou menos estáveis (HASEMAN e MARSHALL, 24).

PETTIJOHN (42), propôs uma sequência de estabilidade baseada na persistência das espécies minerais. Esta sequência tem, em primeiro lugar, o mineral mais estável e, em último lugar, o mais instável (-3 anatásio, -2 muscovita, -1 rutilo,

1 zirconita, 2 turmalina, 3 monazita, 4 quartzo, 5 granada, 6 biotita, 7 apatita, 8 microclina, 9 ilmenita, 10 magnetita, 11 estauralita, 12 cianita, 13 epidoto, 14 hornblenda, 15 andalusita, 16 topázio, 17 titanita, 18 zoisita, 19 augita, 20 silimanita, 21 hiperstênio, 22 diopsídio, 23 actinolita e 24 olivina; os números negativos desta série significam que os minerais são mais abundantes nos sedimentos antigos que nos recentes). Entretanto, existem discrepâncias entre as várias sequências de estabilidade, e elas se referem, principalmente, aos minerais acessórios e aos ferromagnesianos.

Posteriormente, muitos autores propuzeram modificações nesta sequência, como Weyl (BREWER, 7 e 8), Marel (JACKSON e SHERMAN, 27) Graham (JACKSON e SHERMAN, 27), SMITHSON (50), DRYDEN e DRYDEN (17) e outros.

A propósito das discrepâncias nas classificações / destes minerais dentro destas sequências, BREWER (7 e 8), diz / que muitas, e possivelmente todas as discrepâncias entre as sequências, podem ser explicadas em termos das variações das características químicas e físicas das espécies minerais estudadas em cada caso específico e o ambiente de intemperização do qual estes dados foram obtidos.

Um dos problemas mais complexos no estudo da gênese dos solos, é a determinação da presença ou não de descontinuidades litológicas. Muitas técnicas mineralógicas têm sido aplicadas para resolver este problema. A literatura é vasta no que diz respeito a estas determinações, tanto para as frações grosseiras (arcia e limo), como para as frações mais finas (argila).

Estes estudos foram iniciados por HASEMAN e MARSHALL (24), que utilizaram o microscópio polarizante para determinar as porcentagens de zirconita e outros minerais pesados nos horizontes dos perfis de solos. Os autores citados, tentaram interpretar os dados obtidos para verificação da uniformidade ou

não do perfil do solo em relação com a rocha de origem, informação esta de grande utilidade para o estudo de gênese e de classificação dos solos.

BEAVERS (5), utilizando técnicas de espectrografia dos raios-X, determinou as porcentagens de zirconita em diversos horizontes de solos. Com estes dados, o referido autor pôde constatar problemas de descontinuidades litológicas, assim como, utilizou estes resultados para a identificação do material de origem em questão, tais como "glacial till" e "loess".

DOROTHY CARROLL(11), em estudos mineralógicos realizados na Austrália, chamou a atenção para a importância do estudo dos minerais pesados afirmando que este sempre dá uma indicação clara a respeito da natureza do material de origem dos solos, como também, é de muita utilidade para o mapeamento geológico.

JACKSON (26), estudando problemas a respeito da identificação do material originário, concluiu que a interpretação deve ser feita baseada nos seguintes fatos: observação do total da quantidade de minerais pesados presentes na amostra do solo e na proporção relativa de cada espécie mineral.

HUMBERT e MARSHALL (25), com o fim de estudar a gênese dos sedimentos e determinar a extensão do intemperismo e as alterações sofridas pelos minerais desde a deposição, observaram que, em solos originados da decomposição de granitos e de diabase, o quartzo mostra ação mais intensa ao intemperismo, de acordo com a profundidade, ocorrendo o inverso com os feldspatos.

ARNEMAN et al (4), estudaram os minerais pesados de três solos do Estado de Minnesota, USA, com a finalidade de determinar a gênese e caracterizar os horizontes de cada solo, e concluíram que os solos eram jovens, tendo em vista as pequenas diferenças mineralógicas entre os mesmos.

Muitos outros autores utilizaram-se de minerais pe

sados para a caracterização e estudos de correlação e gênese de solos. Destacam-se os trabalhos de JEFFRIES (28), JEFFRIES e WHITE (29), BUCKHANNAM e HAM (10), SMITHSON (50 e 51), SEALE (48), KREBS e TEDROW (30), GUERRERO (23), CRAMPTON (14).

Consideração oportuna deve ser dada para a natureza do material do solo, recorrendo a cálculos das espécies minerais para o estudo da uniformidade e origem do material do solo. Muitos minerais pesados não são particularmente resistentes ao intemperismo (7 e 8).

HASEMAN e MARSHALL (24), citam a hornblenda como um bom mineral para uso na comparação rigorosa do intemperismo, para diferentes horizontes do perfil do solo e nos solos formados sob diferentes condições climáticas. Entretanto, outros minerais pesados superam, em proporções diferentes, a hornblenda. Conseqüentemente, as proporções e quantidades totais de várias espécies minerais pode mudar consideravelmente com a profundidade dos perfis formados, conforme a uniformidade do material originário. Esta situação tem sido demonstrada adequadamente por meio de numerosos trabalhos (BREWER, 6).

O intemperismo é também efetivo para os diferentes graus, conforme as espécies minerais, podendo, desta forma, causar diferenças nas relações do mineral dentro das frações de mesmo tamanho, nos vários horizontes do perfil de solo formado (7 e 8).

De acôrdo com esta situação, BREWER (8), cita dois caminhos a seguir: a) comparar as análises das séries de diferentes profundidades no perfil e delinear as porcentagens de várias espécies de minerais intemperizadas, em face da profundidade. A forma da curva encontrada indica, mas não prova, se as diferentes quantidades dos minerais são próprias do intemperismo, ou se são do próprio material de origem, isto é, quaisquer diferenças nas condições de deposição ou no material geológico, se

as interrupções são associadas com o aparecimento de diferentes espécies minerais. Este método deve ser usado com bastante cuidado desde limites entre horizontes bem definidos, tal como aquele entre horizontes A e B dos solos planossóis, pois, pode causar uma interrupção constante na curva, embora o perfil seja desenvolvido de um material de origem uniforme; b) o que se fundamenta na comparação da espécie mineral mais resistente, tal como zirconita e turmalina. Ainda que este método mostre um aumento na soma total, nos horizontes onde o intemperismo foi reduzido à quantidade de minerais menos resistentes, a razão do total de zirconita para o total de turmalina (zirconita/turmalina) no material completo, ou no tamanho específico das frações, poderá ser muito mais constante com a profundidade, se o material de origem é uniforme. As variações nestas razões, pode ser delineada, em face da profundidade do perfil, dando uma curva / plana, suave, para um material de origem uniforme. O uso de tal razão para minerais resistentes, elimina grandemente as dificuldades envolvidas nos perfis com limites entre horizontes definidos, o qual coincide com as diferenças no grau de intemperismo. A razão de dois minerais resistentes, poderia não alterar significativamente através de tal limite, como a soma das espécies minerais intemperizadas. Em geral, curvas suaves, sem inflexões, indicam uniformidade.

RUHE (45 e 47), por outro lado, estudando o grau / de intemperização de solos, usou a variação da relação: resistência para minerais intemperizados (zirconita + turmalina/anfibólio + piroxênios e quartzo/feldspatos).

Este mesmo autor, utiliza a ocorrência de linha de pedras para constatar a presença de descontinuidades litológicas (45 e 46).

A importância da aplicação do estudo da fração / grosseira dos solos, tendo como principal objetivo, a complementação das considerações genéticas deste, pode ser constatada na

afirmação de BREWER (8), que diz o seguinte: "Talvez a mais importante aplicação da análise mineralógica das frações grosseiras do solo, é a de constatar ou não a uniformidade do perfil do solo em relação a rocha, ou em relação aos próprios horizontes". Prosseguindo, este autor observa que "o melhor método para tal estudo, o mais digno de confiança, é aquêle baseado na comparação dos minerais mais resistentes, tais como, a zirconita e a turmalina".

A aplicação da mineralogia das frações do solo, na classificação de solos, iniciou-se com a introdução do novo sistema de classificação de solos. De acordo com o SOIL SURVEY STAFF (54), de 1967, a mineralogia das frações do solo (frações grosseiras e finas) é utilizada para distinção de solos ao nível de família. As chaves mineralógicas, segundo esta publicação, são "baseadas na composição mineralógica aproximada de certas / frações do solo".

Além deste nível taxonômico, a mineralogia é aplicada em outros níveis, por exemplo, ao nível de ordem e grande grupo. As características mineralógicas são de grande importância na identificação do horizonte óxico, conseqüentemente, na identificação dos Oxissóis. Os grandes grupos "Paleo", de alguns Ultissóis, são definidos, tendo como base, análises mineralógicas (SOIL SURVEY STAFF, 54).

Recentemente, em trabalhos com solos tropicais DEMATTE (16) e, posteriormente, MEDEIROS (35), aplicaram análises mineralógicas para a classificação dos solos, ao nível de família. Por outro lado, pode-se notar no trabalho de DEMATTE (16), que este autor utiliza a composição mineralógica da fração argila, para constatação de deposições diferentes.

Em condições de clima tropical, diversos autores, entre os quais, LEINZ (32), GORDON JR (22), SETZER (49), ALMEIDA (2), FREITAS (19 e 20), ALMEIDA e BARBOSA (3), MEZZALIRA (39),

CARVALHO (12), MELFI (37), MELFI et al (38), MARCONI (33), trabalham com as frações grosseiras de diversos solos. No entanto, a maioria destes trabalhos procuram somente descrever e determinar as espécies minerais que ocorrem em alguns horizontes dos solos, não dando uma interpretação mais profunda a respeito dos dados.

A aplicação da mineralogia da fração grosseira em solos para finalidades genéticas, pode ser vista nos trabalhos pioneiros de DRYDEN e DRYDEN (17). Estes autores apresentaram uma sequência de índices de estabilidade de minerais. Assim é que, a zirconita recebe o valor 100, a turmalina 80, anfibólio e hornblenda 5 e piroxênio e hiperstênio, valor 1. Portanto, / uma relação de intemperização para os minerais pesados, pode / ser determinada a partir da porcentagem, por contagem, de zirconita e turmalina sobre a porcentagem, por contagem, de minerais menos resistentes, anfibólio e piroxênio.

Tendo como base os trabalhos dos autores anteriormente citados, RUHE (45), aplicando os índices de intemperismo, determinou diversas correlações entre os perfis de Paleossóis da região de Iowa. A análise mineralógica (fração pesada) dos horizontes A₂, B₂ e C, do solo Yarmouth-Sangamon, mostrou uma / ordem decrescente da relação de intemperismo. No horizonte A₂, a relação foi de 1,55 (56% de minerais resistentes e 36% de minerais mais facilmente intemperizáveis). No horizonte B₂, a relação foi de 1,38 (54% de minerais resistentes e 39% de minerais mais facilmente intemperizáveis). No horizonte C, a relação foi de 1,24 (49% de minerais resistentes e 40% de minerais mais facilmente intemperizáveis). Estes dados mostram que o horizonte A₂ é mais intensamente intemperizado que o B₂ e este, por sua vez, é mais intensamente intemperizado que o horizonte C.

GOLDICH (21), mostrou um aumento na resistência do intemperismo nos minerais leves da série dos plagioclásios, microclina, ortoclásio e quartzo. Então, uma série de intemperi-

zação para minerais leves, pode ser estabelecida a partir das porcentagens, também por contagem, dos feldspatos mais intemperizados.

RUHE (45), utilizando o princípio introduzido por GOLDICH (21), para os minerais leves, observou que nos horizontes A₂, B₂ e C do solo Yarmouth-Sangamon, um paleo-planossol a relação de intemperização decresce da superfície para os horizontes mais inferiores. Para o A₂ a relação foi de 4,00, 3,16 para o B₂ e de 2,70 para o C.

Embora atualmente exista um numero grande de aplicações da mineralogia de solos, tanto para o estudo da classificação quanto para os de gênese, uma série grande de importantes problemas, permanece ainda sem solução.

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Material

3.1.1 - Solos.

No presente trabalho foram utilizados um perfil de solo da série Iracema (Latossol Rôxo), município de Iracemápolis, um perfil de solo da série Três Municípios (Hidromórfico), município de Rio Claro, e dois perfis de solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras, município de Rio das Pedras, classificados como Ultissóis (35). Estes dois perfis de solos se encontram em uma mesma topossequência, representados por RP8 e RP7, como ilustra a Figura 1 e que apresenta, ainda, a relação destes dois perfis de solos no que diz respeito às respectivas distâncias e altitudes, bem como, o traçado representativo da linha de pedras existente nos mesmos (35).

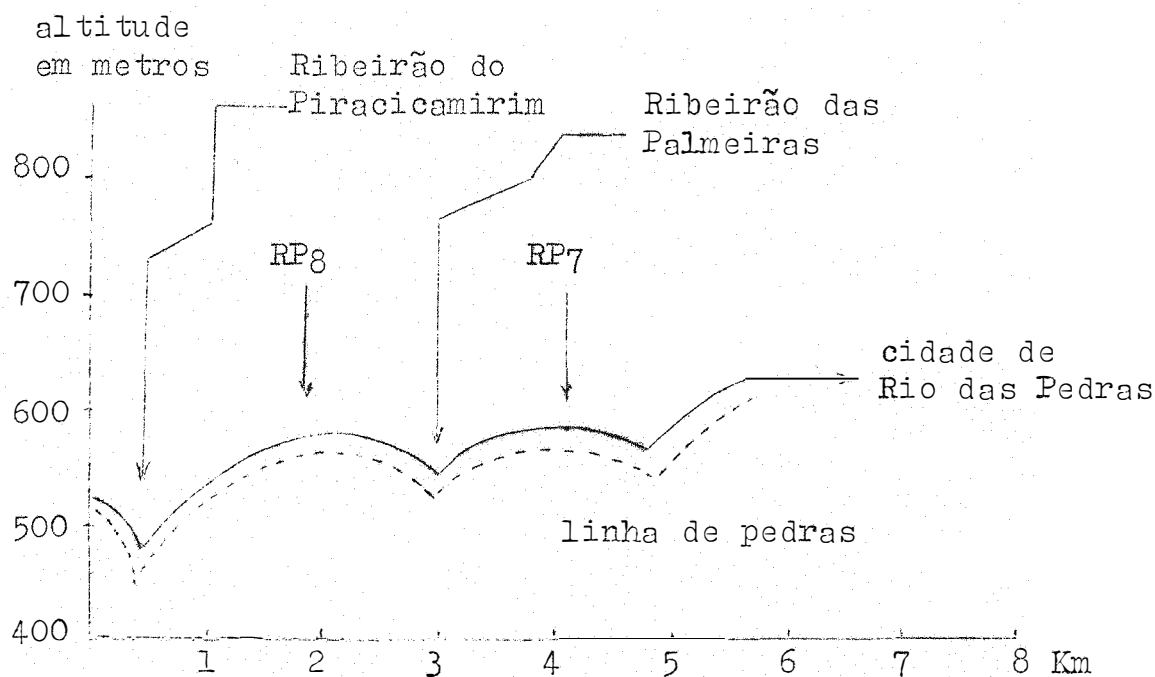


Figura 1 - Corte transversal mostrando a sequência de solos RP8 e RP7

Convém salientar que, a partir deste capítulo, os solos aqui estudados serão denominados de perfis: P₁, P₂, P₃ e P₄ para o Latossol Rôxo, Hidromórfico, Ultissol (RP7) e Ultissol (RP8), respectivamente.

A seguir são apresentadas as principais características morfológicas, assim como as classificações pelos conceitos da Comissão de Solos (13) e da 7ª Aproximação (53) dos solos estudados.

Perfil 1.

Este perfil de solo foi classificado como Série Iracema (RANZANI et al., 43) e corresponde ao grande grupo Latossol Rôxo e à ordem Oxisol.

- | | |
|-----------------|--|
| Ap | 0 - 20 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, 3/4 úmido); fina, composta, blocos sub-angulares, média, pequena; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes abundantes, fasciculadas, muito finas; macroporos pequenos, poucos; transição clara, plana. |
| B ₁ | 20 - 55 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 2/4, 3/4 úmido); fina; blocos angulares e sub-angulares, moderada, pequena a média; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; raízes comuns, fasciculadas, muito finas; muitos poros / pequenos e poucos grandes; transição suave, gradual; cerosidade pouca. |
| B ₂₁ | 55 - 100 cm; vermelho ferrugem (10R 3/3, 3/4 úmido); fina; fraca, pequena, blocos angulares e sub-angulares; |

friável, ligeiramente duro, plásti
co, pegajoso; raízes poucas e fi
nas; muitos poros pequenos e pou
cos grandes; transição suave, gra
dual.

B₂₂ sup. 100 - 170 cm; pardo avermelhado escuro (2,5
YR 3/4, 3/6 úmido); mediana; fraca,
muito pequena; friável, ligeiramen
te duro, plástico, pegajoso; raí -
zes poucas e finas; transição sua
ve, gradual.

B₂₂ inf. 170 - 220 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6,
3/4 úmido); fina; granular, fraca,
muito pequena; friável, macia, plás
tico, pegajoso; raízes poucas e fi
nas; transição suave, gradual.

B₂₃ 220 - 277 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/4 ,
3/6 úmido); fina; blocos angulares
e sub-angulares, moderada, pequena
a média; friável, macio, plástico,
pegajoso; transição suave, gradual.

IIC₁ 277 - 333 cm; vermelho escuro (10 R 3/6, 3/4
úmido); fina; grande quantidade de
fragmentos de rocha, concentrado ,
formando uma linha de pedras com
espessura variável, em tórno de 20
cm.

IIC₂ 333 - 373 cm; vermelho escuro (10 R 3/6, 3/4
úmido); fina, blocos sub-angulares,
granular, pequena; friável, ligei
ramente duro, plástico, ligeiramen
te pegajoso; cerosidade fraca e pou
ca.

- IIC₃ 373 - 401 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/3 ,
3/4 úmido); mosqueado amarelo parda
cento (10 YR 6/8).
- IIC₃ 401 - 447 cm; vermelho ferrugem (10 YR 6/8).
(amostra trada)
- R 447 - 467 cm +; rocha.

Perfil 2

Este perfil de solo foi classificado como série Três Municípios (RANZANI et al, 43) e corresponde à ordem Ultissol, sub-ordem Hidromórfico. A partir do B_{3g} , a amostra foi coletada com trado.

- Ap 0 - 25 cm; pardo amarelado escuro (10 YR 3/4 úmido); barro argiloso; composta, prismático, em blocos, média; friável, plástico, pegajoso; raízes abundantes; macroporos não muito evidentes.
- A_{3g} 25 - 52,5 cm; cinza (5 Y 6/1 úmido); marchetamento pardo **escuro** (7,5 YR 4/4); argiloso; composta, pequeno a médio, moderado; friável, muito plástico, muito pegajoso; raízes comuns; macroporos mais evidentes que Ap.
- B_{2g} 52,5 - 85 cm; cinza (10 YR 5/1); marchetamento vermelho ferrugem forte (2,5 YR 2/2) ; argiloso; composto, prismático, em blocos; friável, muito plástico, muito pegajoso; raízes ausentes; macroporos / mais evidentes que Ap.
- B_{3g} 85 - 130 cm; cinza (10 YR 6/1); marchetamento vermelho ferrugem forte (2,5 YR 2/2).

- C_{1g} 130 - 180 cm; cinza (2,5 YR 6/0); marchetamento vermelho ferrugem forte (2,5 YR 2/2).
- IIC_{2g} 180 - 205 cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6); marchetamento acinzentado (7,5 YR N/6); fragmentos de material semelhante a quartzo, esparsos, dando a impressão de uma linha de pedras.
- IIC_{3g} 205 - 255 cm; branco (2,5 YR 8/0); marchetamento amarelo em grande quantidade (10 YR 8/8).
- IIC_{4g} 255 - 310 cm; amarelo pardacento (10 YR 6/6); aparecimento de marchetamento acinzentado (7,5 YR N/6) e marron, no interior do torrão (7,5 YR 5/2).
- IIC_{5g} 310 - 330 cm; oliva claro (5 Y 6/2); pouco marchetamento amarelado (5 Y 8/6), iniciando o aparecimento de folhelho de cor parda (7,5 YR 5/2).
- IIR 330 + cm; rocha sedimentar, folhelho, originária de cor cinza claro (2,5 Y N/7) e parda (7,5 YR 5/2).

Perfil 3

Este perfil de solo foi descrito e classificado por MEDEIROS (35) como pertencente ao grande grupo Latossol Vermelho Escuro, ordem Ultissol.

- Ap 0 - 20 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); barro arenoso; granular, pequena a média, fraca; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes bastante; limite ondulado, claro.

- A₃ 20 - 40 cm; vermelho escuro (10 R 3/6); barro argiloso; blocos sub-angulares, muito pequena, moderada; duro, friável, plástico, muito pegajoso; raízes comuns; poros muito pequenos comuns e pequenos poucos; limite plano, gradual.
- B_{21t} 40 - 75 cm; vermelho escuro (10 R 3/6); barro argiloso; blocos angulares e sub-angulares, pequena, moderada; cerosidade revestindo 10%; duro friável, muito plástico, muito pegajoso, raízes comuns; muitos poros muito pequenos, raros médios; limite plano, gradual.
- B_{22t} 75 - 140 cm; vermelho escuro (10 R 3/6); barro argiloso; blocos angulares e sub-angulares, pequena, fraca a moderada; cerosidade abundante; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos, poucos pequenos; limite gradual, plano.
- B₃ 140 - 190 cm; vermelho (2,5 YR 4/6); barro argiloso; blocos sub-angulares, pequena a fraca; macio, muito friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes comuns; muitos poros muito pequenos.
- II^C₁ 190 - 260 cm; vermelho (2,5 YR 4/6); fragmentos de rocha básica.
- II^C₂ 260 - 300 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); fragmentos de rocha básica.

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

Perfil 4

Este perfil de solo foi descrito e classificado por MEDEIROS (35) como pertencente ao grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo - variação Piracicaba (PVA - variação Piracicaba).

- Ap 0 - 20 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/4); bar-
ro argiloso; blocos sub-angulares ,
pequena a média, fraca; ligeiramente
duro, friável, muito plástico, muito
pegajoso; raízes bastante; limite on-
dulado, claro.
- B21t 20 - 60 cm; vermelho escuro (10 R 3/6); bar-
ro argiloso; blocos angulares e sub-
angulares, muito pequena, moderada ,
cerosidade abundante; ligeiramente /
duro, friável, muito plástico, muito
pegajoso; agregados pequenos a mé-
dios, 30%; raízes comuns; poucos po-
ros pequenos e muitos poros muito pe-
quenos; limite plano, gradual.
- B22t 60 - 90 cm; vermelho (10 R 4/6); barro argi-
loso; blocos sub-angulares, muito pe-
quena, moderada; cerosidade comum; li-
geiramente duro, friável, plástico ,
pegajoso; raízes comuns; poucos po-

ros pequenos e muitos poros muito pequenos; limite plano, difuso.

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

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

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

II^C₁ 315 - 360 cm; vermelho (10 R 4/6); fragmentos de rocha pardo amarelado (10 YR 5/6) e branco (2,5 Y 8/2).

II^C₂ 360 - 400 cm; vermelho fraco (10 R 4/4); fragmentos de rocha vermelho (10 R 5/6) e branco (2,5 YR 8/2).

3.1.2 - Peneiras.

A separação da fração areia fina, cujo estudo da caracterização e contagem das espécies minerais constitui a essência do presente trabalho, foi feita usando-se peneiras / nº 140, US Standard, com malhas de 105 u.

Para a análise mecânica da fração areia total, foi usado um jogo de peneiras US Standard, com peneiras de nº 18, 35, 60, 140 e 270, de malhas 1000 u, 500 u, 250 u, 105 u e 53 u, respectivamente.

3.1.3 - Instrumental Óptico.

Na caracterização óptica dos minerais, foi utilizado um microscópio E. Leitz, com aumentos de 34 x, 80 x e / 360 x. O aumento empregado na contagem dos grânulos foi o intermediário, isto é, de 80 x. O aumento de 360 x somente foi utilizado nos testes de luz convergente.

Sempre que se fêz necessário, foi utilizado, na caracterização das espécies minerais, o compensador de Berek, para a determinação da alongação e birrefringência.

3.2 - Método

3.2.1 - Amostragem.

Os perfis de solos aqui estudados, P₁ e P₂, foram coletados e descritos por SOUZA* e ANDRADE**, respectivamente, e, os perfis de solos, P₃ e P₄, foram coletados e descritos por MEDEIROS (35). As amostragens e descrições morfológicas foram feitas tendo como base, principalmente, as recomendações de RANZANI (43), com algumas modificações.

O trado foi utilizado para coleta de amostras dos horizontes com profundidades maiores de 2 metros. As amostras foram secadas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de malha e, a seguir, catalogadas e guardadas em recipientes apropriados.

(*) - SOUZA, J.J. - Gênese e Classificação de alguns solos do município de Iracemápolis - em andamento.

(**) - ANDRADE, S.S. - Gênese e Classificação de solos associados com Hidromórfico - em andamento.

3.2.2 - Preparo da amostra.

Para o preparo da amostra foram utilizados 30 / gramas de TFSA de cada horizonte dos perfis de solos P₁ e P₂ e 50 gramas para os perfis dos solos P₃ e P₄.

3.2.2.1 - Remoção dos sais solúveis e cá- tions divalentes trocáveis.

Uma amostra de cada horizonte foi colocada em / "beaker" de 1000 ml e a ela foram adicionados 300 ml de solu-
ção tampão de NaOAc N (82 gramas de NaOAc e 27 ml de HOAc gla-
cial por litro) sendo, esta suspensão, aquecida durante 30 mi-
nutos em banho-maria, segundo método citado por JACKSON (26).
Após 24 horas, o sobrenadante foi sifonado e a operação repe-
tida.

3.2.2.2 - Decomposição da matéria orgânica e dissolução do MnO₂ por tratamen- to com H₂O₂.

Para decomposição da matéria orgânica e dissolu-
ção do MnO₂, foi utilizado o método descrito por JACKSON (26).

A amostra do solo, livre dos sais solúveis, cá-
tions divalentes trocáveis, e, apresentando reação ácida, fo-
ram adicionados 5 ml de água oxigenada (H₂O₂) a 30%, sendo a
mistura agitada e vigiada atentamente por cêrca de 5 a 10 mi-
nutos a fim de se evitar o transbordamento da amostra, e, em
seguida, o "beaker" foi colocado em banho-maria à temperatura
de 65-75°C.

Após a reação com os primeiros 5 ml de água oxi-
genada ter-se abrandado, as paredes do "beaker" foram lavadas
com uma segunda porção de 5 ml de água oxigenada, observando-
se as mesmas precauções que para o primeiro tratamento, e o
"beaker" foi novamente colocado em banho-maria durante 20 mi-
nutos. Decorrido este tempo foi adicionado 10 ml de água oxi

genada a 30%, tampando-se o "beaker" com um vidro de relógio. A suspensão foi colocada em banho-maria e aquecida por 2 a 4 horas no "beaker" coberto. Passado este tempo, o vidro de relógio foi retirado e a amostra evaporada até uma pasta rala, tendo-se o máximo cuidado para evitar o secamento da referida pasta. A operação foi repetida para as amostras que, após o tratamento acima, ainda apresentaram reação de oxidação, obedecendo-se aos mesmos princípios da operação acima referida.

Concluída a eliminação da matéria orgânica e dissolução do MnO_2 , a amostra foi lavada 3 vezes com uma solução de acetato de sódio N, de pH 5,0.

3.2.2.3 - Remoção dos óxidos de ferro livres.

O método utilizado para a remoção dos óxidos de ferro livres foi o descrito por AGUILERA e JACKSON (1) e posteriormente por MEHRA e JACKSON (36).

Este método consiste no emprego do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, sendo o ditionito de sódio ($Na_2S_2O_4$) empregado como redutor, o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) como tampão e o citrato de sódio tribásico ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$) como agente quelante ou complexante para ferro ferroso e ferro férrico.

A amostra do solo, livre de sais solúveis, cá - tions divalentes trocáveis, matéria orgânica e MnO_2 livre, foram adicionados 40 ml de citrato de sódio 0,3 M (88 gramas de citrato de sódio tribásico - $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ - por litro e 5 ml de bicarbonato de sódio M (84 gramas de $NaHCO_3$ por litro), aquecendo-se em banho-maria até que, por controle de temperatura - medida na amostra -, constatou-se que a amostra atingiu a faixa de 75-80°C. Neste ponto, foi adicionado um grama de ditionito ($Na_2S_2O_4$), agitando-se a amostra constantemente por um período de 5 minutos. Após esse tempo a amostra foi agitada, intermitentemente, durante 10 minutos.

Em continuidade, a amostra foi esfriada e, em se-

guida, adicionado 600 ml de cloreto de sódio N para promover a floculação. Decorridas 24 horas, o sobrenadante foi sifonado e, à amostra, novamente foi adicionado cloreto de sódio, até que o sobrenadante permaneceu incolor.

O tratamento com ditionito-citrato-bicarbonato / de sódio foi repetido tantas vezes quantas se fizeram necessárias, a fim de que a amostra não apresentasse indícios da presença de óxidos de ferro, constatada pela coloração do sobrenadante, dando-se, pois, a sua completa eliminação.

3.2.2.4 - Dispersão e separação da areia.

Concluídas as operações de remoção de sais solúveis, cátions divalentes trocáveis, decomposição da matéria / orgânica, dissolução do MnO_2 e remoção dos óxidos de ferro livres, procederam-se à dispersão e separação da areia, operação esta que foi levada a efeito de acordo com o processo descrito por JACKSON (26).

À amostra contida no "beaker" foi adicionado 300 ml de água destilada e, em seguida, a mistura foi elevada a / pH 9,0, ou em torno deste, com a adição de 5 ml, aproximadamente, de carbonato de sódio a 2% (CO_3Na_2). A seguir, procedeu-se a uma agitação mecânica durante 10 minutos. A areia / total, isto é, partículas maiores que 50 μ , foi separada por tamizamento. Um tamis de 0,05 mm de malha, acoplado em um funil, foi instalado em um suporte de modo que o material de / diâmetro menor que 50 μ fosse coletado em uma proveta graduada de 1000 ml. Assim a areia total ficou retida no tamis, passando as frações limo e argila que foram recolhidas na proveta graduada.

3.2.3 - Análise mecânica da areia total.

A areia total retida no tamis de 0,05 mm de malha e isenta de sais solúveis, cátions divalentes trocáveis,

matéria orgânica, MnO_2 e óxidos de ferro livres, foi recolhida em um cadinho de porcelana e colocada em estufa para secar, após o que foi pesada e, com o auxílio do jogo de peneiras descrito no item 3.1.2, procedeu-se a uma agitação mecânica com o fim de separar a areia total em suas cinco frações, a saber: areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina.

Após a separação, constatou-se que a "moda" correspondia à fração areia fina, fração esta escolhida para a separação dos minerais pesados e leves, caracterização e contagem das espécies minerais.

A escolha da "moda" para a caracterização e contagem das espécies minerais foi baseada na afirmação de BRAJNIKOV (9) que, estudando grânulos com diâmetros entre 30 e 500 μ , concluiu que o melhor intervalo, para caracterização de espécies minerais em sedimentos, está situado entre 50 e 250 μ , podendo ir até 350 μ .

3.2.4 - Separação das frações leve e pesada.

KRUMBEIN e PETTIJOHN (31), TWENHOFEL e TYLER(55) e outros, sugerem, para a separação dos minerais leves e pesados, o uso de Bromofórmio, de densidade 2,85, em funis separadores de pescoço longo. Entretanto, o uso de funis separadores de pescoço longo apresentou vários inconvenientes na prática, mormente quanto à perda de material que ficava retido nas paredes da válvula. Por este motivo foi usada a mesma sugestão acima diminuindo o comprimento do pescoço do funil, usando-se funis comuns de superfície interna lisa e optando-se por uma válvula composta de um tubo de borracha e uma presilha, como ilustra a figura 2.

O método é o seguinte: coloca-se bromofórmio no funil superior e, cuidadosamente, a fim de não formar correntes de convecção, coloca-se a fração areia que se deseja sepa

rar, no caso, a fração areia fina. Os minerais pesados, de densidade superior à do bromofórmio (2,85), precipitam-se e se acumulam no tubo de borracha, cuja extremidade acha-se presa pela presilha. Os minerais leves, de densidade inferior à 2,85, ficam sobrenadando no bromofórmio. Decorrido 20 minutos, durante o qual, em tempo intercalado, são dadas pequenas batidas no funil superior, abre-se a presilha com bastante cuidado e deixa-se cair no papel de filtro do funil inferior, os minerais pesados que se acumularam no tubo de borracha. Os minerais recolhidos no papel de filtro do funil inferior sofrem uma lavagem com acetona ou benzeno, após o que é coletado e guardado em recipientes apropriados. A fração restante, ou seja, o material retido ainda no funil superior, é recolhido também em papel de filtro e repete-se a operação. Separado os minerais leves e pesados, ambos são lavados com acetona ou benzeno.

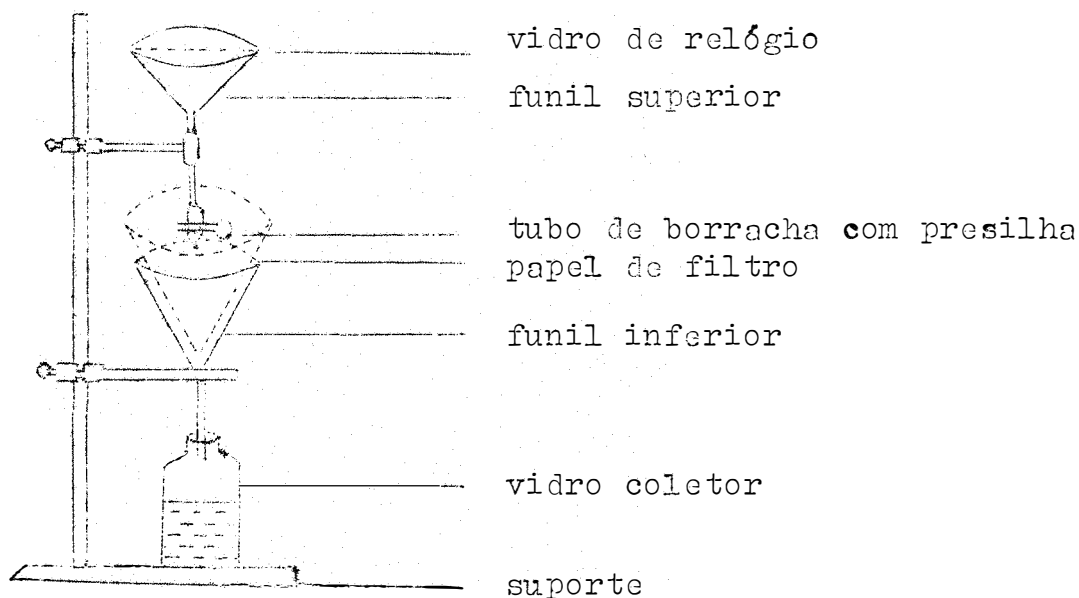


Figura 2 - Montagem utilizada para separação dos minerais leves e pesados.

3.2.5 - Montagem das lâminas para análise microscópica.

Para o estudo microscópico foram montadas lâminas de minerais leves e pesados de todos os horizontes dos perfis de solos citados (P₁, P₂, P₃ e P₄). As lâminas foram montadas com bálsamo do Canadá, natural, de índice de refração 1,54. O método de montagem é o que se segue: lava-se a lâmina e a lamínula com álcool ou acetona deixando-as bem limpas. Molha-se a lâmina com um pouco de água, sem deixar gota, e, em seguida, coloca-se uma certa concentração da amostra. Deve-se tomar o cuidado a fim de que a concentração da amostra não seja grande e nem pequena para que não venha a dificultar a análise mineralógica. A lâmina é levada para uma placa aquecedora, aguarda-se alguns instantes a fim de que a água se evapore, ficando os grânulos aderidos à superfície da lâmina. Coloca-se um pouco de bálsamo do Canadá e espera-se que o mesmo atinja seu ponto de cosimento, ponto este determinado quando o bálsamo não indica mais ligamento na unha. Retira-se a lâmina da placa aquecedora e deixa-se esfriar um pouco colocando-se, em seguida, a lamínula um pouco inclinada. Leva-se todo o conjunto à placa aquecedora e deixa-se a lamínula cair vagarosamente, tomando-se o cuidado necessário para evitar a formação de bolhas de ar. Retira-se o excesso de bálsamo com xilol (31).

3.2.6 - Contagem dos grânulos e identificação das espécies minerais.

KRUMBEIN e PETTIJOHN (31) recomendam a contagem de 300 grânulos como suficiente para uma boa amostra gen.

PARFENOVA e YARILOVA (41) recomendam a contagem de 400 a 500 grânulos quando os minerais são separados

em duas frações apenas, leves e pesados, e, de 200 grânulos quando são separados em cinco a sete frações.

Grahan (KRUMBEIN and PETTIJOHN, 31), considera suficiente a contagem de apenas 100 grânulos, enquanto WEYL (57) recomenda a contagem de 200 grânulos no mínimo.

BREWER (8) afirma que: "quanto menor a quantidade do mineral que se deseja contar, maior deve ser o número / de grânulos contados". Baseado nesta informação, no presente trabalho foram contados 300 grânulos de minerais por lâmina / quando a quantidade de minerais era grande e de 400 a 600 grânulos quando a quantidade era pequena.

A identificação das espécies minerais foi feita com o uso do microscópio polarizante, usando-se as técnicas / descritas por DANA-HURLBUT (15), WAHLSTROM (56) e RODRIGUES DA SILVA (44), e, as características das espécies minerais encontradas no presente trabalho foram comparadas com as descrições de KRUMBEIN e PETTIJOHN (31) e MILNER (40).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo foi dividido em dois itens. O primeiro diz respeito à análise mecânica da areia total e o segundo diz respeito à análise mineralógica da fração areia fina, minerais leves e pesados, correspondentes aos perfis P₁, P₂, P₃ e P₄.

4.1 - Análise mecânica da areia total

Os resultados da análise mecânica da areia total estão apresentados, em porcentagem, nos Quadros 1, 2, 3 e 4, referentes aos perfis P₁, P₂, P₃ e P₄, respectivamente. Observa-se que em todos os perfis acima mencionados a fração areia dominante, ou a "moda", é representada pela fração areia fina, e que o componente de maior quantidade, logo após a "moda", - corresponde à fração areia muito fina.

Analisando acuradamente as frações areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina do perfil P₁ (Quadro 1), pode-se constatar que a distribuição do tamanho das partículas é praticamente constante, de acordo com a profundidade.

A distribuição na rocha sofre um pequeno aumento nas frações areia muito grossa, grossa e média, e uma diminuição pouco acentuada na "moda" e muito acentuada na fração areia muito fina. Os valores mínimo e máximo nestas frações são: areia muito grossa 0,3% (horizonte B₂₃) e 3,3% (rocha); areia grossa 5,4% (horizonte II C₃) e 11,4% (rocha); areia média 16,1% (horizonte C₁) e 25,5% (rocha); areia fina, ou "moda", 41,0% (rocha) e 47,1% (horizonte C₁) e na fração areia muito fina 18,8% (rocha) e 33,4% (horizonte B₂₁). Observa-se pequenas variações na distribuição do tamanho das partículas nos horizontes intermediários.

QUADRO 1 - Resultados da análise mecânica da Areia Total do perfil P1

Horizontes	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem*					
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	
Ap	0 - 10	0,7	7,8	22,3	42,0	27,2	
B1	10 - 55	0,4	5,9	20,3	44,1	29,3	
B21	55 - 100	0,4	5,8	17,5	42,9	33,4	
B22 superior	100 - 170	0,7	7,1	21,8	43,0	27,4	
B22 inferior	170 - 220	0,4	7,5	18,9	42,2	31,0	
B23	220 - 277	0,3	6,7	19,1	42,3	31,6	
C1	277 - 333	1,1	8,2	16,1	47,1	27,5	
II ^C 2	333 - 373	0,9	9,1	21,6	44,6	23,8	
II ^C 3	373 - 401	1,0	5,4	17,9	46,5	29,2	
II ^C 3 (trado)	401 - 447	1,0	7,9	18,4	43,8	28,9	
R	447 - 467 +	3,3	11,4	25,5	41,0	18,8	

(*) - Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média;
 Af = areia fina; Amf = areia muito fina.

De modo semelhante ao perfil P_1 , comporta-se o perfil P_3 (Quadro 3), isto é, em todas as frações da areia total há praticamente uma distribuição uniforme do tamanho das partículas, de acordo com a profundidade.

No horizonte IIC_4 , há um pequeno aumento na porcentagem das frações areia muito grossa, grossa e muito fina, e uma diminuição de pouca monta nas frações areia média e fina. Observa-se, no entanto, um grande decréscimo no teor de areia média no horizonte A_3 e, nas demais frações, pequenas variações na distribuição do tamanho das partículas nos horizontes intermediários. Os valores extremos das frações da areia total do perfil P_3 são os seguintes: areia muito grossa 0,2% (horizonte IIC_2) e 3,4% (horizonte IIC_4); areia grossa 1,1% (horizonte B_3) e 4,7% (horizonte IIC_4); areia média 17,0% (horizonte IIC_4) e 27,2% (horizonte A_p); areia fina, ou "moda", 45,0% (horizonte IIC_4) e 52,7% (horizonte IIC_2) e finalmente na fração areia muito fina 22,3% (horizonte A_p) e 31,3% (horizonte B_{21t}).

Pelos resultados obtidos na análise mecânica da areia total dos perfis P_1 (Quadro 1) e P_3 (Quadro 3), verifica-se que não é possível evidenciar nenhuma descontinuidade litológica. Pelo contrário, seus valores só podem ser considerados como normais devido à uniformidade da distribuição do tamanho das partículas, em função da profundidade do perfil (SOIL SURVEY STAFF, 52).

No perfil P_2 (Quadro 2), observa-se uma grande variação na distribuição do tamanho das partículas em todas as frações da areia, de acordo com a profundidade. Assim é que, há um grande acréscimo na porcentagem de areia muito grossa e grossa no horizonte A_{3g} e um decréscimo acentuado de areia média nos horizontes A_{3g} e IIC_{3g} . Na fração representativa a porcentagem cai consideravelmente nos horizontes A_{3g} e C_{2g} , ocorrendo um grande aumento da porcentagem no horizonte IIC_{3g} . Na fração areia muito fina, verifica-se um acréscimo

QUADRO 2 - Resultado da análise mecânica da Areia Total do perfil P2

Horizontes	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem*					
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	
Ap	0 - 25	0,9	5,3	24,8	47,3	21,7	
A3g	25 - 52,5	9,9	14,2	17,1	36,0	22,8	
B2g	52,5 - 85	2,3	6,0	19,8	43,7	29,2	
B3g	85 - 130	1,0	4,0	14,0	42,9	38,1	
C1g	130 - 180	0,3	4,4	17,5	46,6	31,2	
C2g	180 - 205	1,8	4,6	15,5	39,8	38,2	
IIC3g	205 - 255	2,3	5,0	9,4	59,3	24,0	
IIC4g	255 - 310	5,5	5,6	6,4	62,5	20,0	
IIC5g	310 - 330	6,9	7,0	9,0	53,8	24,2	
IIR	330 +	6,4	6,6	6,8	45,1	35,1	

(*) - Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média
Af = areia fina; Amf = areia muito fina.

QUADRO 3 - Resultados da análise mecânica da Areia Total do perfil P3

Horizontes	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem*					
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	
Ap	0 - 20	0,6	3,0	27,2	46,9	22,3	
A3	20 - 40	0,6	1,9	19,8	49,0	28,7	
B21t	40 - 75	0,5	1,8	20,6	45,8	31,3	
B22t	75 - 140	0,4	1,4	20,0	49,1	29,1	
B3	140 - 190	0,6	1,1	18,1	51,6	28,6	
IIC1	190 - 260	0,9	2,0	19,1	49,8	28,2	
IIC2	260 - 300	0,2	1,6	17,6	52,7	27,9	
IIC3	300 - 360	1,2	2,2	17,9	51,7	27,0	
IIC4	360 - 380	3,4	4,7	17,0	45,0	29,9	

(*) - Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média
 Af = areia fina; Amf = areia muito fina.

bastante significativo no horizonte B_{3g} e um decréscimo acentuado no horizonte IIC_{3g}.

Na rocha, observa-se um decréscimo significativo na porcentagem da fração representativa, ou "moda", um acréscimo na fração areia muito fina e nas demais frações os teores são praticamente os mesmos dos horizontes imediatamente superiores. Os teores de areia muito grossa estão acima de 0,3% (horizonte C_{1g}) e abaixo de 9,9% (horizonte A_{3g}); na areia grossa estes valores estão entre 4,0% (horizonte B_{3g}) e 14,2% (horizonte A_{3g}); os valores extremos da areia média são: 6,4% (horizonte IIC_{4g}) e 24,8% (horizonte Ap); da fração representativa são: 36,0% (horizonte A_{3g}) e 62,5% (horizonte IIC_{4g}) e, finalmente, os valores extremos da fração areia muito fina são: 20,0% (horizonte IIC_{4g}) e 38,2% (horizonte C_{2g}).

A análise granulométrica da areia total do perfil P₂ (Quadro 2), apresenta variações bruscas, variações estas que indicam prováveis descontinuidades litológicas, às profundidades de 25 a 52,5 cm e 205 a 255 cm (SOIL SURVEY STAFF, 52 e FOSS e RUST, 18).

No perfil P₄ (Quadro 4), a distribuição do tamanho das partículas é praticamente uniforme, de acordo com a profundidade, nas frações de areia muito grossa, grossa e média. O mesmo não ocorre com as frações de areia fina e muito fina, pois, em ambas, há uma variação bastante acentuada. Na fração areia fina há um acréscimo de grande monta no horizonte B_{21t}, e na fração areia muito fina há um decréscimo considerável neste mesmo horizonte.

No horizonte IIC₂, há uma diminuição na distribuição do tamanho das partículas nas frações areia muito grossa e muito fina, e um aumento nas frações areia grossa, média e fina. Os valores extremos das frações são os seguintes: areia muito grossa 0,2% (horizonte IIC₂) e 0,9% (horizonte IIC₁); areia grossa 1,3% (horizontes Ap, B_{21t}, B₃₁ e B₃₂) e

3,1% (horizonte IIC₂); areia média 13,8% (horizonte B₃₂) e 19,8% (horizonte Ap); areia fina, ou "modo", 46,6% (horizonte IIC₁) e 70,9% (horizonte B_{21t}); finalmente na fração areia muito fina 12,4% (horizonte B_{21t}) e 33,4% (horizonte B₃₂).

A análise granulométrica do perfil P₄ (Quadro 4), de modo análogo ao perfil P₂, apresentou variações bruscas nos teores de areia total, principalmente nas frações de areia fina e muito fina, o que evidencia uma provável descontinuidade litológica à profundidade de 20 a 60 cm.

A afirmação de que variações dos teores de areia podem indicar prováveis descontinuidades litológicas pode ser confirmada através dos trabalhos de FOSS e RUST (18) e do SOIL SURVEY STAFF (58). O sistema de classificação de solos, denominado 7ª APROXIMAÇÃO, apresentado em 1960 (53), constata exemplos clássicos de descontinuidade litológica. Assim é, que nos perfis 18, 20 e 24, apenas como exemplo, pode-se constatar descontinuidade litológica observando-se simplesmente a análise granulométrica. No perfil 18, deste trabalho, observa-se uma variação acentuada nos teores de areia. A designação dos horizontes, logo após os 50 cm, é feita de acordo com os símbolos convencionais, isto é, colocando-se o número dois, em algarismo romano, antes da designação do horizonte. Nos demais perfis, anteriormente citados, a descontinuidade litológica é também caracterizada pelas mudanças bruscas na distribuição dos teores de areia total.

Por outro lado, muitos solos descritos e classificados como sendo originados do substrato rochoso atual, nada mais são do que solos transportados e remanejados. Assim é que, os perfis de números 61, 62 e 73 (COMISSÃO DE SOLOS, 13), apenas como exemplo, são perfis não uniformes, havendo deposições diferentes à diversas profundidades. Observando-se as descrições morfológicas destes solos, pode-se notar que as designações dos horizontes não são acompanhadas pelos sím-

QUADRO 4 - Resultados da análise mecânica da Areia Total do perfil P4

Horizontes	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem*				
		Amg	Ag	Am	Af	Amf
Ap	0 - 20	0,3	1,3	19,8	53,4	25,2
B21t	20 - 60	0,3	1,3	15,1	70,9	12,4
B22t	60 - 90	0,8	1,8	19,4	55,4	22,6
B23t	90 - 170	0,8	2,4	18,2	55,8	22,8
B31	170 - 240	0,3	1,3	15,0	53,5	29,9
B32	240 - 315	0,3	1,3	13,8	51,2	33,4
IIC1	315 - 360	0,9	2,6	14,0	49,6	32,9
IIC2	360 - 400	0,2	3,1	16,9	54,5	25,3

(*) - Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média
 Af = areia fina; Amf = areia muito fina.

bolos convencionais de descontinuidade litológica.

Este fato também pode ser constatado em trabalhos mais pormenorizados de levantamento de solos. Assim é que, na "Carta de Solos do Município de Piracicaba" (RANZANI et al, 43), os autores não constatarem, pela descrição morfológica, o indício de descontinuidade litológica, patente em muitos perfis descritos pelos mesmos. Apenas como exemplo, pode-se verificar pela análise granulométrica da Série Formigueiro (perfil 71) que existe descontinuidade litológica evidente na profundidade de 70 a 120 cm, apesar dos autores não terem chamado a atenção para tal fato.

Através dos resultados da análise mecânica da fração areia total pode-se constatar, no presente trabalho, em primeiro lugar, uma uniformidade granulométrica nos perfis P₁ e P₃ e, em segundo lugar, prováveis descontinuidades litológicas nos perfis P₂ e P₄. Este fato, entretanto, deve ser interpretado com muito cuidado, pois, quando se trata de solos que sofreram podzolização intensa e severa, normalmente há diferença nos teores de uma das frações areia, de acordo com a profundidade do solo.

4.2 - Análise mineralógica da fração areia fina.

Os resultados mineralógicos da zirconita, turmalina, estauroлита e da relação zirconita/turmalina dos perfis estudados, estão apresentados nos quadros 5, 6, 7 e 8.

No perfil P₁, há predominância de minerais opacos (magnetita e ilmenita) e de somente dois outros minerais pesados: zirconita e turmalina. Neste perfil, a zirconita ocorre apenas nos horizontes Ap, B₂₁ e II^C₂. Seus valores extremos são 0,00% (horizonte B₁ e outros) e 0,75% (horizonte Ap, Quadro 5). Na Figura 3, observa-se a inflexão brusca da curva de zirconita à profundidade de 55 cm. Em seguida, bruscamente, a curva cresce, atingindo o máximo aos 100 cm e, im

QUADRO 5 - Porcentagens de zirconita, turmalina e relação Zi/Tu do Perfil P1

Horizonte	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem		Zi/Tu *
		Zirconita	Turmalina	
Ap	0 - 10	0,75	1,0	0,75
B1	10 - 55	0,00	0,5	0,00
B21	55 - 100	0,40	0,2	2,00
B22 sup.	100 - 170	0,00	0,5	0,00
B22 inf.	170 - 220	0,00	0,4	0,00
B23	220 - 277	0,00	0,5	0,00
C1	277 - 333	0,00	0,5	0,00
II ^C ₂	333 - 373	0,40	0,2	2,00
II ^C ₃	373 - 401	0,00	0,2	0,00
II ^C ₃ (trado)	401 - 447	0,00	0,2	0,00
R	447 - 467 +	0,00	0,2	0,00

(*) Zi/Tu = Zirconita / Turmalina.

diatamente, decresce até a profundidade de 170 cm. A partir deste ponto, a curva torna-se constante até aos 333 cm onde, novamente passa a ser crescente, para sofrer nova inflexão aos 373 cm de profundidade, decrescendo abruptamente até os 401 cm e, continuando, a partir daí até a rocha, sem nenhuma inflexão.

Observa-se que o teor mínimo de zirconita registrado é de 0,00%, porém, este fato não significa que no horizonte, onde este teor mínimo foi registrado, não há ocorrência de zirconita, mas sim, que na quantidade de terra examinada, 30 g, não foi constatada a presença deste mineral. Tal fato deve ser observado e seguido para os demais perfis, nos quais o teor de zirconita é de 0,00%.

O mineral turmalina ocorre em todos os horizontes do perfil P₁, decrescendo com a profundidade, e mantendo-se constante a partir do horizonte II C₂. Seus valores extremos são: 0,2% (horizontes B₂₁, C₁, II C₂, II C₃, II C₃ (trado) e R) e 1,0% (horizonte Ap, Quadro 5). A curva de distribuição da porcentagem de turmalina, de acordo com a profundidade do solo (Figura 3), evidencia um decréscimo até os 100 cm, crescendo imediatamente até os 170 cm para, partindo deste ponto, permanecer praticamente constante até a profundidade de 333 cm onde, mais uma vez, a curva sofre um decréscimo até os 373 cm e, partindo daí, permanece constante até a rocha.

A curva correspondente a relação zirconita/turmalina (Figura 4), evidencia uma forte inflexão aos 100 cm, e outra aos 373 cm de profundidade. A relação zirconita/turmalina mínima determinada foi de 0,00 (horizonte B₁, B₂₂ sup., B₂₂ inf., B₂₃, C₁, II C₃, II C₃ (trado) e R) e a máxima de 2,00 (horizontes B₂₁ e II C₂, Quadro 5).

Pode-se verificar, pelas inflexões das curvas da porcentagem de zirconita, turmalina e da relação zirconita/turmalina, que o perfil P₁ não é uniforme. A existência de duas inflexões, nas profundidades de 100 e 373 cm, caracteri-

zam , seguramente, a presença de descontinuidades litológicas a estas profundidades. Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de BREWER (8), que estudou àrduamente tal assunto.

Por outro lado, pode-se notar que, no ítem 4.1, não foram verificadas mudanças bruscas nos teores da fração areia total do perfil P₁. Fica, portanto, evidente, que a utilização dos dados da análise mecânica, para constatação da descontinuidade litológica, é restrita. Seus dados devem ser manuseados com cuidado para evitar posteriores erros de interpretação, a não ser que sejam bem evidentes. Mesmo assim, seria aconselhável a utilização dos resultados mineralógicos para uma conclusão segura.

Por sua vez, observando-se a descrição morfológica do perfil P₁ (página 12), nota-se que não há nenhuma evidência da presença de descontinuidade litológica, na profundidade de 100 cm. Dêste modo, constata-se que uma descrição / morfológica deve ser complementada , em laboratório, através de análises mineralógicas.

Descontinuidades litológicas normalmente estão associadas com a presença de linha de pedras (RUHE, 45), como é o caso do perfil P₁, na profundidade de 273 cm.

A designação da sequência de horizontes do perfil P₁, fica, portanto, alterada, passando a ser: Ap, B₁, IIB₂₁, IIB₂₂ sup., IIB₂₂ inf., IIB₂₃, IIC₁, IIIC₂, IIIC₃, IIIC₃ (trado), IIIR.

O perfil P₂ apresenta, além dos minerais opacos (magnetita e ilmenita) em alta porcentagem, os minerais zirconita e turmalina. A zirconita não ocorre nos horizontes superiores. Somente a partir dos 130 cm de profundidade é que foi encontrado zirconita, cuja porcentagem varia até a rocha. Seus valores extremos são: 0,00% (horizontes Ap, A_{3g}, B_{2g}, e B_{3g}) e 1,00% (horizonte IIC_{3g}, Quadro 6). Na Figura 5 , po-

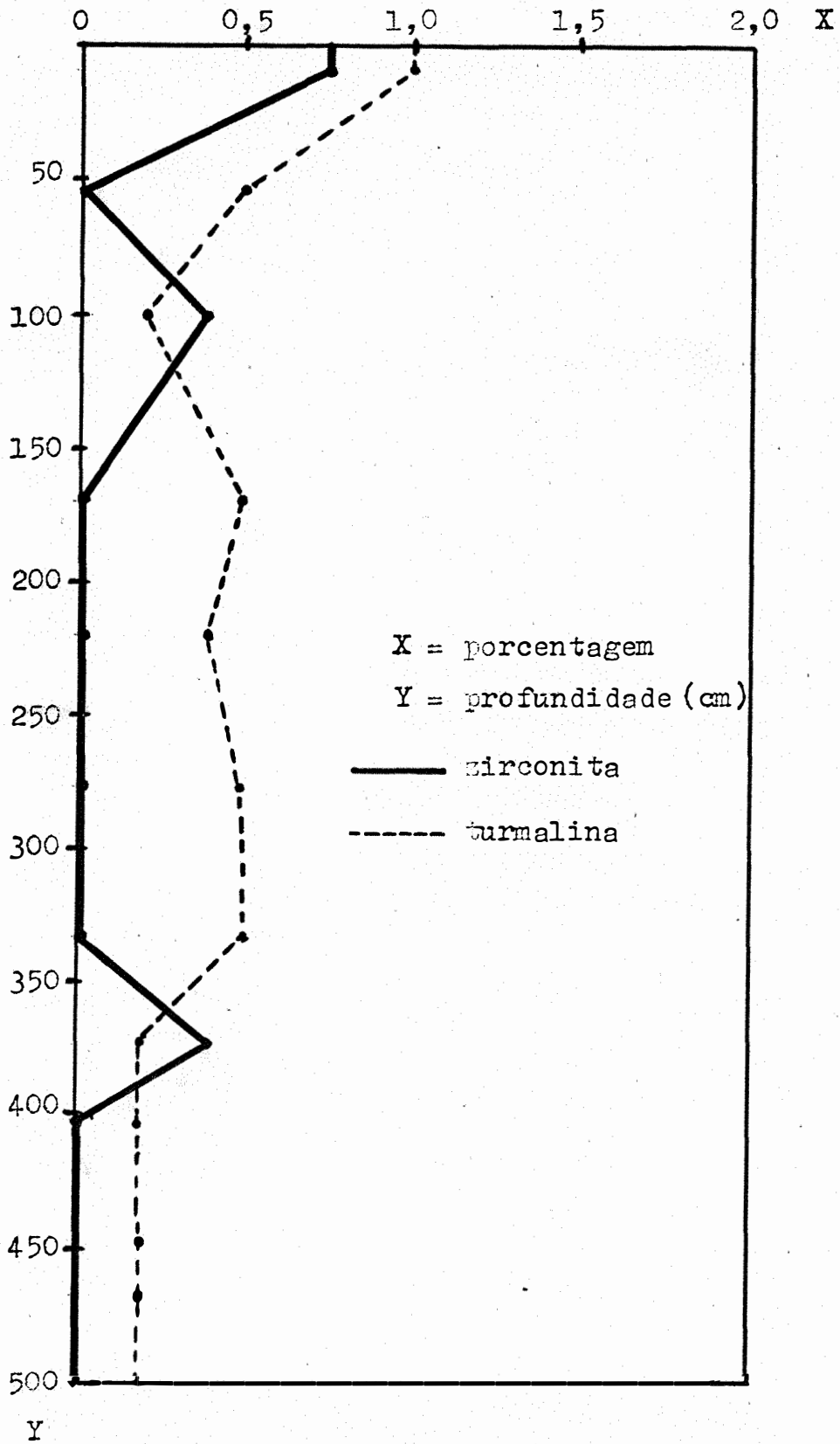


Figura 3 - Distribuição da porcentagem dos minerais Zirconita e Turmalina do perfil de solo P1, em função da profundidade do solo.

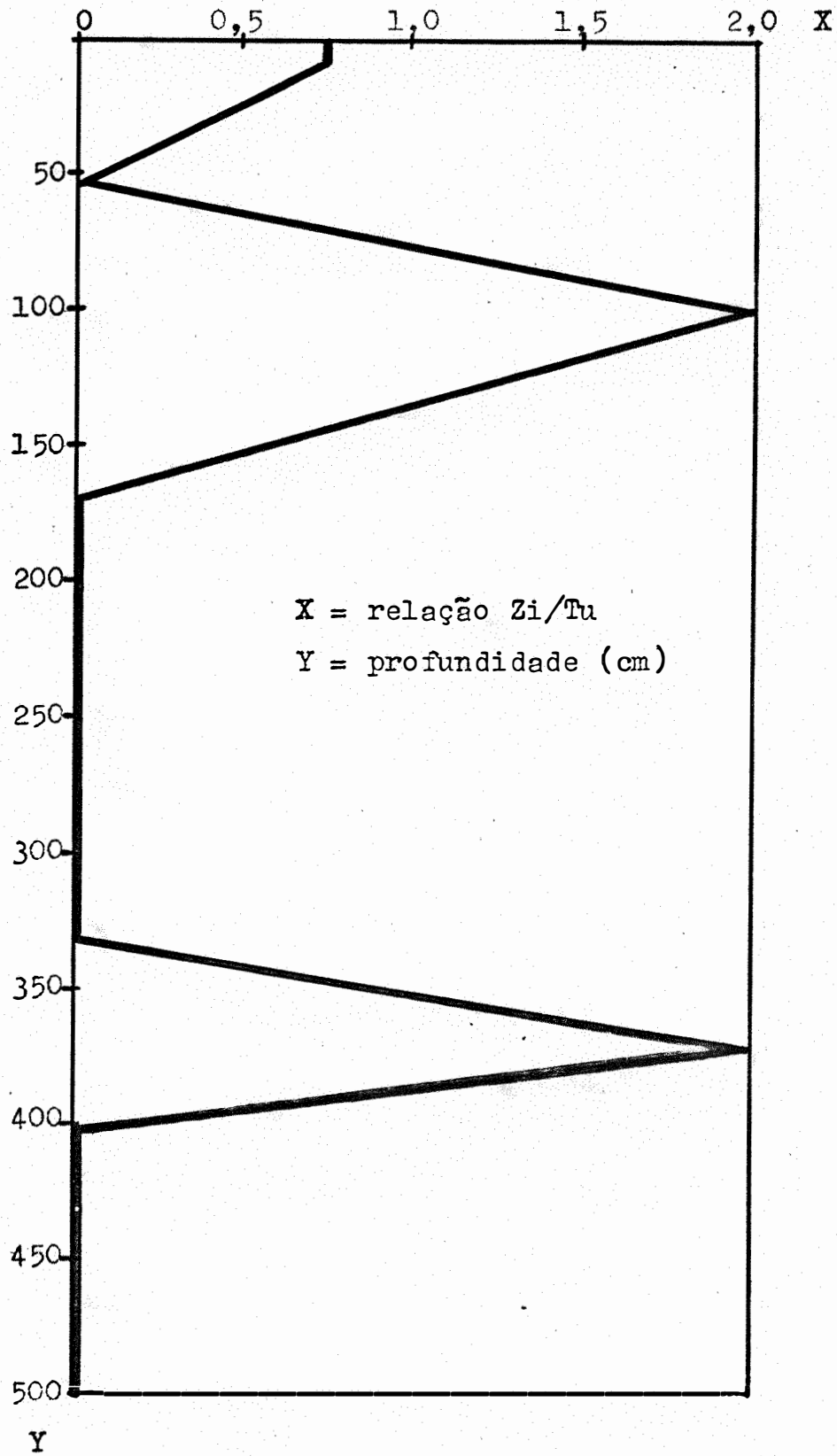


Figura 4 - Distribuição da relação Zirconita/Turmalina do perfil de solo P₁, em função da profundidade do solo.

de-se notar, nitidamente, a grande variação da porcentagem de zirconita, de acordo com a profundidade do perfil. A curva da porcentagem da zirconita apresenta um acréscimo partindo da profundidade de 130 cm, atingindo um ponto máximo aos 180 cm para, em seguida, sofrer um ligeiro decréscimo aos 205 cm de profundidade. Dêste ponto em diante, a curva sofre uma inflexão aos 255 cm para, logo a seguir, cair abruptamente à profundidade de 310 cm. Observa-se uma certa tendência de crescimento da curva até os 330 cm, decrescendo daí até a rocha.

O mineral turmalina foi identificado em todos os horizontes dêste perfil. De acordo com a profundidade, nota-se uma grande variação nos teores da turmalina. Seus valores extremos são: 0,3% (horizontes C_{2g}, IIC_{4g} e IIR) e 1,6% (horizonte IIC_{3g}, Quadro 6). Na Figura 5, encontra-se delineada a curva da porcentagem da turmalina dêste perfil. Verifica-se a tendência crescente da curva até os 52,5 cm e decrescente aos 85 cm de profundidade. Partindo daí, nota-se um crescimento suave da curva até os 180 cm, decrescendo bruscamente até a profundidade de 205 cm. Segue-se uma inflexão brusca da curva que atinge um máximo aos 255 cm, e um mínimo aos 310 cm de profundidade. Dêste ponto até a rocha, a porcentagem de turmalina descreve uma curva idêntica e de valores iguais à de zirconita. Observa-se ainda que, a curva representativa da porcentagem de turmalina, a partir dos 130 cm, descreve inflexões semelhantes à de zirconita, isto é, crescendo e decrescendo quando a curva de zirconita também cresce e decresce, até que, da profundidade de 310 cm até a rocha, as porcentagens de zirconita e turmalina se igualam, e as curvas se confundem em uma só, com as mesmas inflexões.

A curva que corresponde a relação zirconita/turmalina (Figura 6) evidencia três fortes inflexões: a primeira ocorre aos 180 cm, a segunda aos 205 cm e a terceira aos 310 cm de profundidade. A relação zirconita/turmalina mínima

QUADRO 6 - Porcentagens de zirconita, turmalina e relação Zi/Tu do Perfil P2

Horizonte	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem		Zi/Tu *
		Zirconita	Turmalina	
Ap	0 - 25	0,00	0,8	0,00
A3g	25 - 52,5	0,00	1,0	0,00
B2g	52,5 - 85	0,00	0,7	0,00
B3g	85 - 130	0,00	0,8	0,00
C1g	130 - 180	0,40	1,0	0,40
C2g	180 - 205	0,30	0,3	1,00
II ^C 3g	205 - 255	1,00	1,6	0,62
II ^C 4g	255 - 310	0,30	0,3	1,00
II ^C 5g	310 - 330	0,60	0,6	1,00
IIR	330 +	0,30	0,3	1,00

(*) Zi/Tu = Zirconita / Turmalina.

encontrada foi de 0,00 (horizontes Ap, A3g, B2g e B3g) e a máxima de 1,00 (horizontes C2g, IIC4g, IIC5g e IIR, Quadro 6).

Pelas curvas representativas das porcentagens de zirconita, turmalina e da relação zirconita/turmalina, pode-se constatar que o perfil P2 não é uniforme. A ocorrência de inflexões na curva correspondente à relação zirconita/turmalina, nas profundidades de 180, 205 e 310 cm, permite ~~comprovar~~ presença de ~~descontinuidades~~ litológicas (BREWER, 8 ; RUHE, 45).

A análise granulométrica do perfil P2, item 4.1, mostra variações bruscas na distribuição do tamanho das partículas, às profundidades de 25 a 52,5 cm e 205 a 255 cm, o que sugere a ocorrência de descontinuidades litológicas (SOIL SURVEY STAFF, 52 ; FOSS e RUST, 18). A análise mineralógica, entretanto, prova a existência de descontinuidades, porém, em profundidades diferentes daquelas evidenciadas pela análise mecânica da areia total, coincidindo apenas em uma, a de 205 cm de profundidade.

Por outro lado, observando-se a descrição morfológica do perfil P2 (página 14), pode-se constatar que não há nenhuma evidência, nas profundidades de 180 e 310 cm, de descontinuidades, fato que dá maior ênfase à afirmativa de que uma descrição morfológica deve ser complementada em laboratório, por meio de análises especiais. A descrição morfológica do perfil P2, menciona apenas uma descontinuidade litológica, tendo em vista a presença de uma linha de pedras observada macroscopicamente (RUHE, 45).

A designação da sequência de horizontes do perfil P2, fica, portanto, modificada, passando a ser: Ap, A3g, B2g, B3g, IIC1g, IIIC2g, IIIC3g, IVC4g, IVC5g e IVR.

O perfil P3 apresenta, além dos minerais opacos (magnetita e ilmenita), da zirconita e da turmalina, o

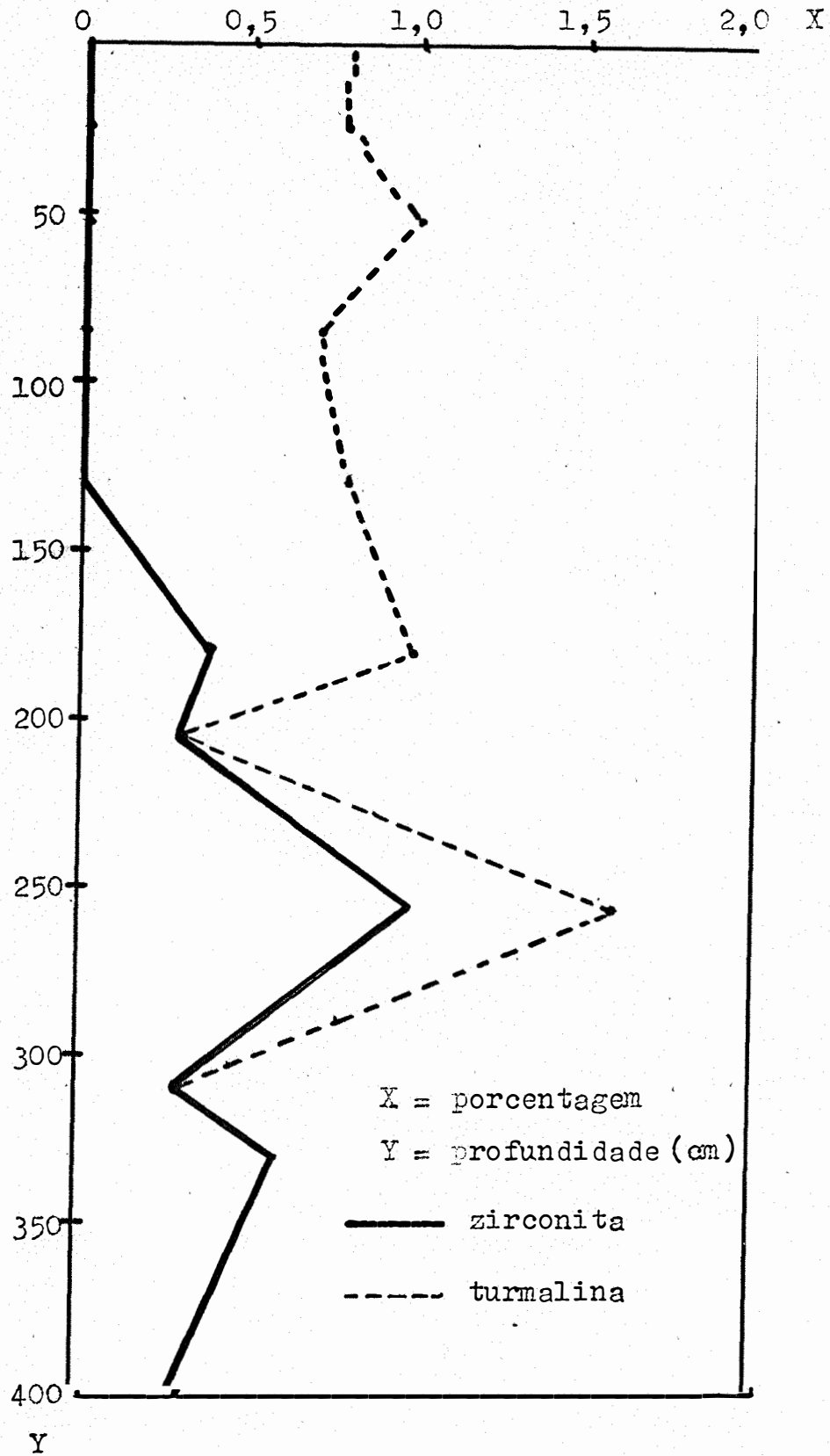


Figura 5 - Distribuição da porcentagem dos minerais Zirconita e Turmalina do perfil de solo P₂, em função da profundidade do solo.

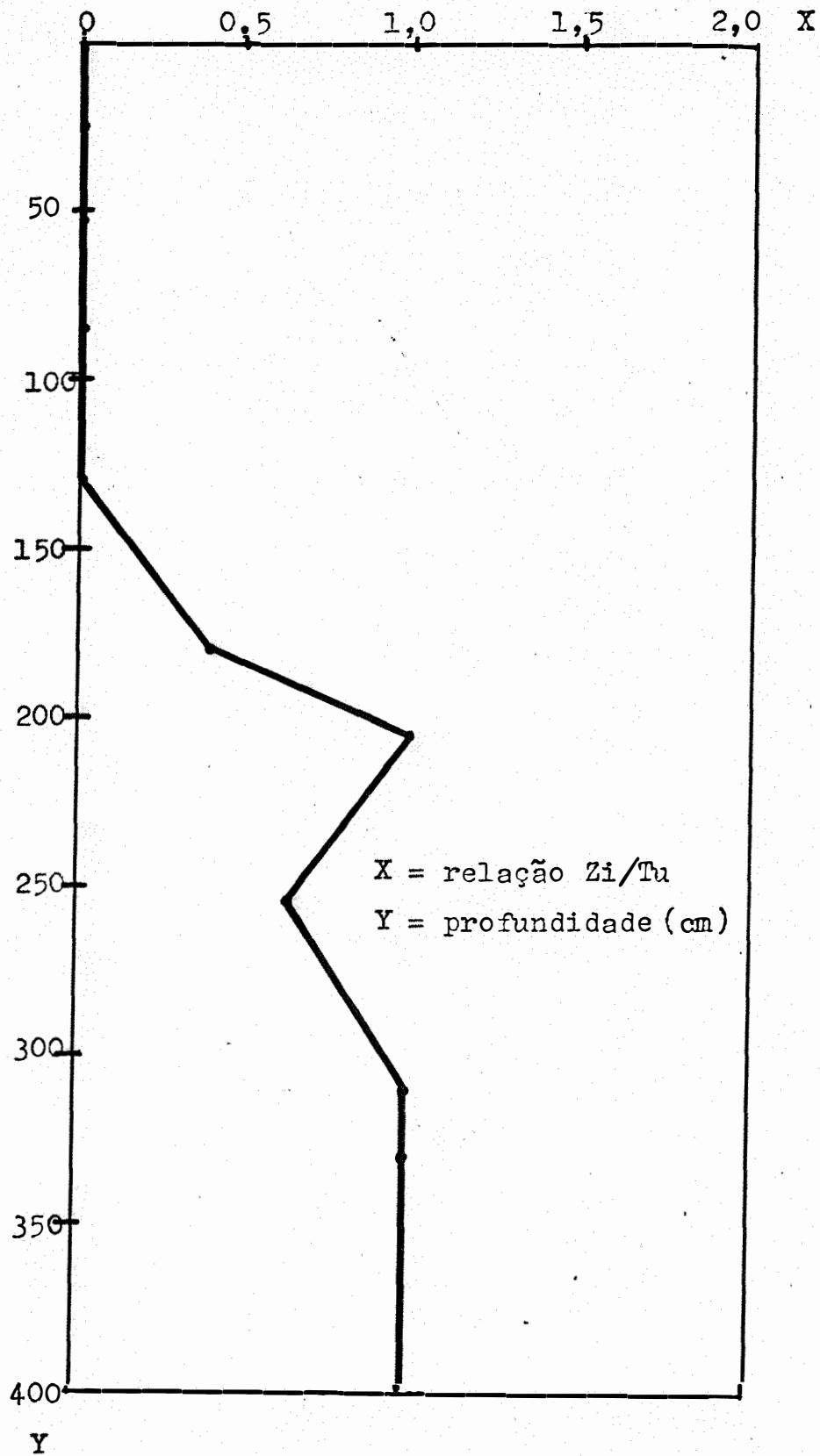


Figura 6 - Distribuição da relação Zirconita/Turmalina do perfil de solo P₂, em função da profundidade do solo.

mineral estauroлита, em porcentagem significativa. A distribuição da estauroлита é variável com a profundidade, e seus valores mínimo e máximo são, respectivamente, 2,6% (horizonte IIC₄) e 12,0% (horizonte A₃, Quadro 7). O mineral zirconita tem uma distribuição praticamente decrescente até a profundidade de 300 cm. Seus valores extremos são: 0,3% (horizonte IIC₄) e 5,6% (horizonte Ap, Quadro 7). A curva correspondente a porcentagem de zirconita (Figura 7) é decrescente, porém não uniforme, pois apresenta duas inflexões, nas profundidades de 40 e 360 cm. A turmalina tem os seus valores bastante variáveis, de acordo com a profundidade do perfil, tendo os seguintes extremos: 1,3% (horizonte IIC₄) e 7,0% (horizonte B₃, Quadro 7). A curva correspondente à porcentagem de turmalina (Figura 7) evidencia cinco inflexões, às profundidades de 40, 75, 190, 300 e 360 cm.

A curva representativa da relação zirconita/turmalina (Figura 8) é decrescente até os 260 cm, crescente até os 360 cm e, novamente, decrescente até os 380 cm de profundidade. A relação mínima determinada foi de 0,23 (horizonte IIC₄) e a máxima de 1,21 (horizonte Ap, Quadro 7). Esta curva mostra duas fortes inflexões: a primeira delas situa-se aos 75 cm e a segunda, aos 360 cm de profundidade. Fica, assim, provada a presença de duas descontinuidades litológicas a estas profundidades (BREWER, 8).

A segunda destas descontinuidades, ou seja, a de 360 cm, foi evidenciada pela presença de uma linha de pedras negras a esta profundidade (RUHE, 46). Por sua vez, a primeira descontinuidade, a de 75 cm, só foi possível ser identificada pela análise mineralógica.

Considerando a existência de duas descontinuidades litológicas no perfil P₃, a designação da sequência de horizontes fica, portanto, modificada, passando a ser: Ap, A₃, IIB_{21t}, IIB_{22t}, IIB₃, IIC₁, IIC₂, IIIC₃, IIIC₄.

QUADRO 7 - Porcentagens de estaurolita, zirconita, turmalina e relação Zi/Tu do Perfil P3

Horizonte	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem			Zi/Tu *
		Estaurolita	Zirconita	Turmalina	
Ap	0 - 20	7,6	5,6	4,6	1,21
A3	20 - 40	12,0	4,6	4,0	1,15
B21t	40 - 75	10,0	4,7	5,7	0,82
B22t	75 - 140	9,3	3,0	5,0	0,60
B3	140 - 190	8,6	2,7	7,0	0,38
II C1	190 - 260	6,3	1,7	5,3	0,32
II C2	260 - 300	4,3	1,0	2,7	0,37
II C3	300 - 360	8,0	2,0	4,0	0,50
II C4	360 - 380	2,6	0,3	1,3	0,23

(*) Zi/Tu = Zirconita / Turmalina.

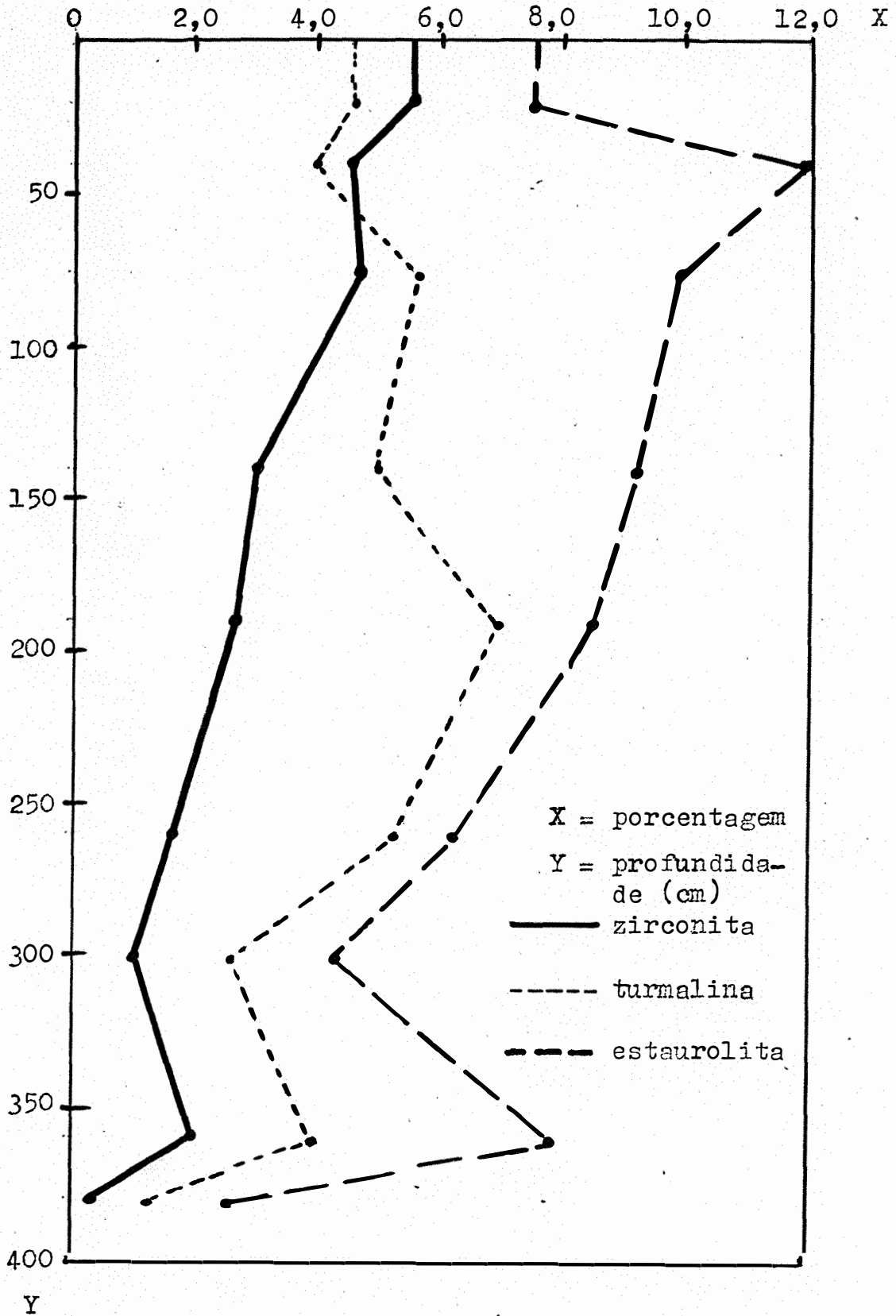


Figura 7 - Distribuição da porcentagem dos minerais Zirconita, Turmalina e Estaurolita do perfil de solo P₃, em função da profundidade do solo.

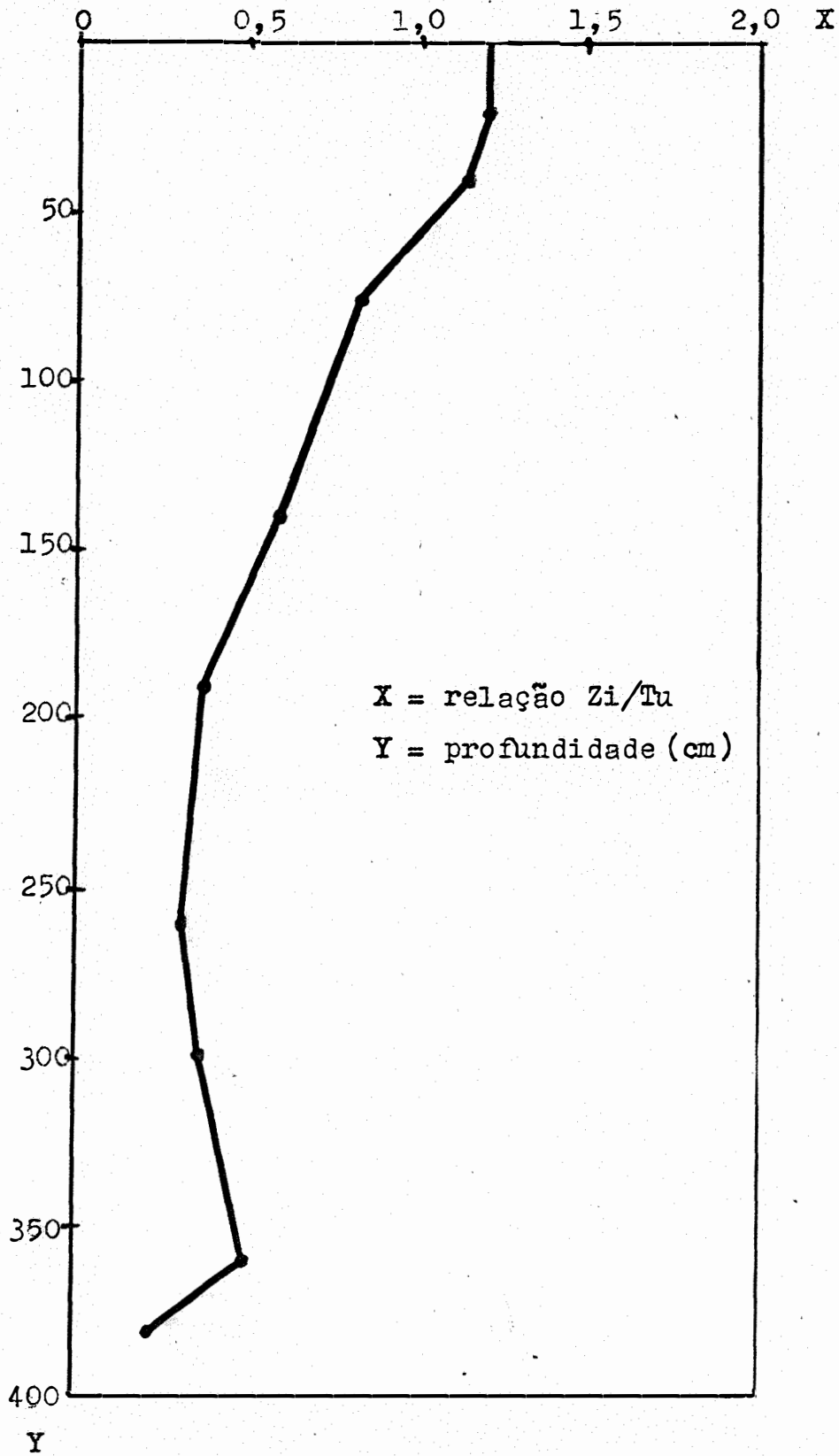


Figura 8 - Distribuição da relação Zirconita/Turmalina do perfil de solo P₃, em função da profundidade do solo.

O perfil P₄ apresenta, de modo análogo ao perfil P₃, além dos minerais opacos (magnetita e ilmenita), da zirconita e da turmalina, o mineral estauroлита, também em porcentagem significativa, e sua distribuição no perfil é bastante variável. Seus valores extremos são: 7,3% (horizonte B_{21t}) e 15,3% (horizonte Ap, Quadro 8). O mineral zirconita também sofre grande variação, de acordo com a profundidade do solo. Seus valores extremos são: 2,3% (horizonte IIC₂) e 11,6% (horizonte B_{22t}, Quadro 3). A curva correspondente à porcentagem de zirconita (Figura 9) mostra três fortes inflexões: a primeira aos 60 cm, a segunda aos 90 cm e a terceira aos 360 cm de profundidade. A turmalina também se apresenta com bastante variação, de acordo com a profundidade do perfil. Seus valores mínimo e máximo são, respectivamente, 5,3% (horizonte B_{23t}) e 17,3% (horizonte B_{21t}, Quadro 8). A curva relativa à distribuição da porcentagem de turmalina no perfil (Figura 9) cresce bruscamente aos 60 cm e decresce, também bruscamente, até aos 170 cm de profundidade para, em seguida, crescer até 360 cm, onde atinge um máximo e, imediatamente, decrescer até a profundidade de 400 cm.

A relação zirconita/turmalina apresenta os seguintes valores extremos: 0,24 (horizonte IIC₂) e 1,00 (horizonte B_{22t}, Quadro 8). A curva representativa da relação zirconita/turmalina (Figura 10) mostra duas inflexões, que comprovam a existência de duas descontinuidades litológicas às profundidades de 90 e 360 cm (BREWER, 8).

Através da análise mecânica da areia total do perfil P₄, ítem 4.1, nota-se que a distribuição do tamanho das partículas não é uniforme com a profundidade do solo, o que sugere a presença de descontinuidades litológicas (SOIL SURVEY STAFF, 52 ; FOSS e RUST, 18).

Entretanto, a descrição morfológica do perfil P₄, só menciona uma descontinuidade aos 360 cm, em vista da

QUADRO 8 - Porcentagens de estaurolita, zirconita, turmalina e relação Zi/Tu do Perfil P4

Horizonte	Profundidade (cm)	Resultados em porcentagem			Zi/Tu *
		Estaurolita	Zirconita	Turmalina	
Ap	0 - 20	15,3	7,0	14,0	0,50
B21t	20 - 60	7,3	10,3	17,3	0,59
B22t	60 - 90	12,0	11,6	11,6	1,00
B23t	90 - 170	10,0	2,6	5,3	0,49
B31	170 - 240	10,0	3,0	8,0	0,37
B32	240 - 315	14,0	3,0	9,0	0,33
II C1	315 - 360	14,3	3,6	9,0	0,40
II C2	360 - 400	10,9	2,3	9,3	0,24

(*) Zi/Tu = Zirconita / Turmalina.

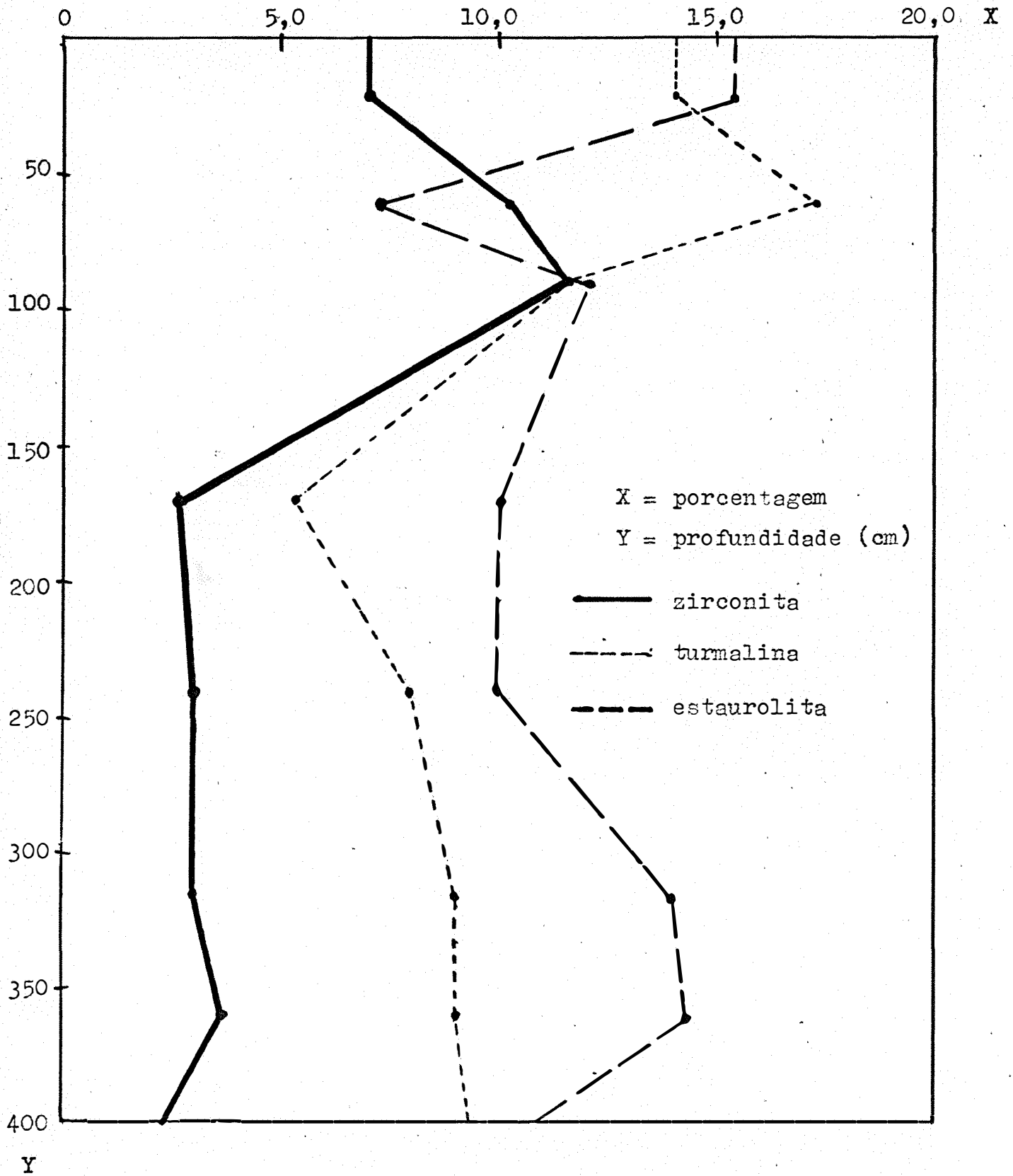


Figura 9 - Distribuição da porcentagem dos minerais Zirconita, Turmalina e Estaurolita no perfil de solo P4, em função da profundidade do solo.

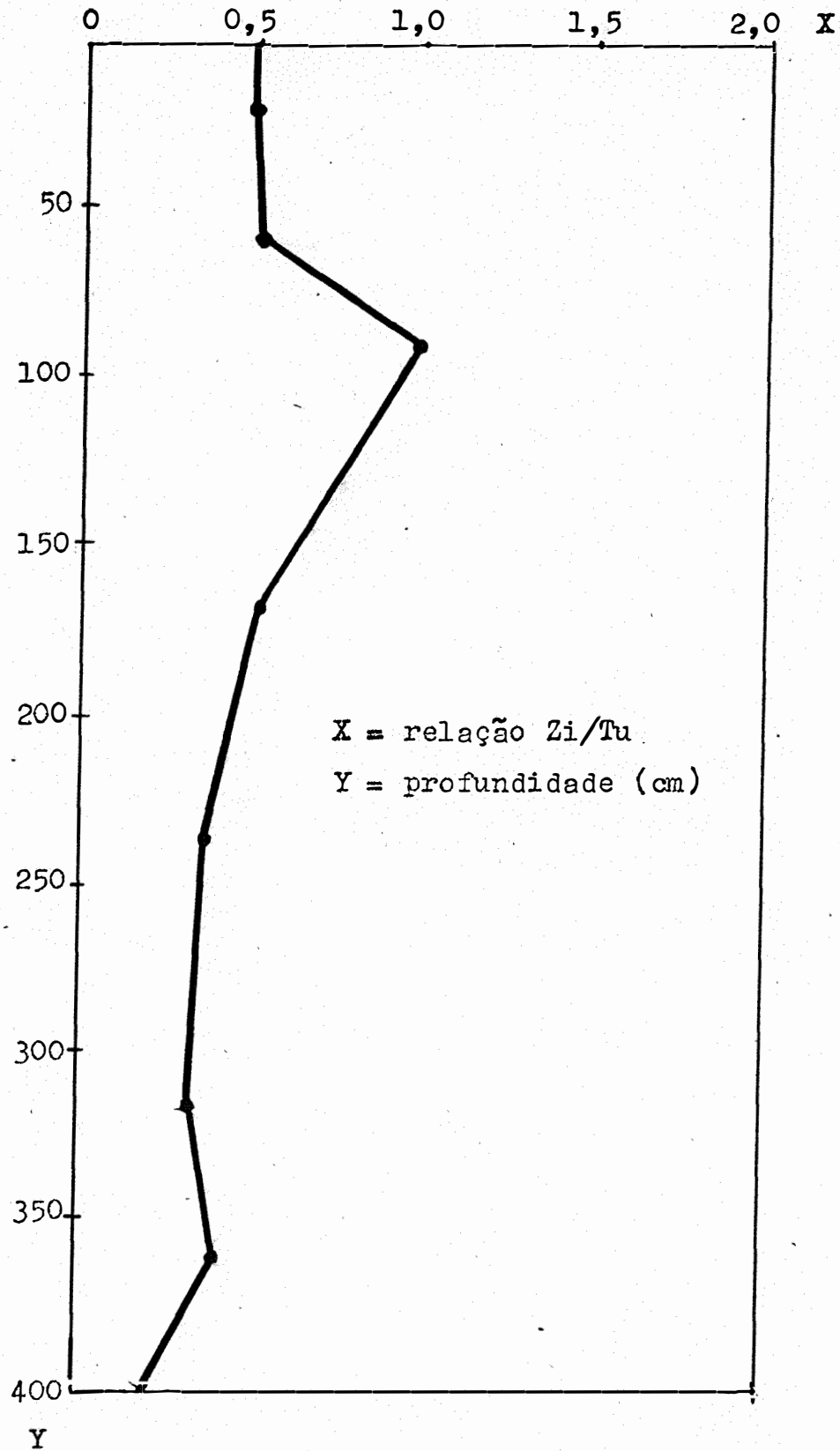


Figura 10 - Distribuição da relação Zirconita/Turmalina do perfil de solo P4, em função da profundidade do solo.

associação com uma linha de pedras (RUHE, 46), deixando de mencionar a existente aos 90 cm de profundidade. Mais uma vez evidencia-se o fato de que uma descrição morfológica deve ser complementada em laboratório, por meio de análises mineralógicas.

A designação da sequência de horizontes do perfil P₄, fica, portanto, alterada, passando a ser: Ap, B_{21t}, IIB_{22t}, IIB_{23t}, IIB₃₁, IIB₃₂, IIIC₁, IIIC₂.

Nos perfis P₃ e P₄, constatou-se a presença do mineral estaurolita, em porcentagem significativa. Entretanto, até o presente, não foi encontrada, na literatura consultada, nenhuma relação entre os teores de estaurolita e a uniformidade do perfil. Sabe-se, no entanto, que a estaurolita é um mineral típico de rochas metamórficas, e a sua presença nos perfis acima mencionados sugere que estes solos sofreram contribuições de rochas metamórficas. Tal fato pode ser observado no trabalho de MEDEIROS (35) onde, à página 36 e com referência ao perfil P₃, o referido autor cita que: "... a unidade RP₇ é um solo retrabalhado ...", e, referindo-se ao perfil P₄, à página 34, o mesmo autor diz: "A ocorrência de folhelhos como substrato rochoso desta unidade não significa que ela foi originada in situ".

Por outro lado, observando-se as variações da curva representativa da porcentagem de estaurolita, em ambos os perfis (Figuras 7 e 9), nota-se que o comportamento da mesma é semelhante ao da zirconita e da turmalina, isto é, sofre inflexões, de uma maneira geral, às mesmas profundidades. Talvez, com um estudo maior de perfis, seja possível encontrar uma relação entre o teor deste mineral e a uniformidade ou não do solo.

A análise dos minerais leves de quase todos os horizontes dos perfis aqui estudados revelou uma porcentagem máxima de quartzo (100%) e, em vista da irrisória porcentagem

de feldspato (0,1% em alguns horizontes dos perfis P₃ e P₄), tornou-se impossível estabelecer a relação quartzo/feldspato, um dos objetivos iniciais do presente trabalho.

Como se pode observar, o conteúdo mineralógico dos perfis de solos aqui estudados é muito simples, e baseado na afirmação de PETTIJOHN (12) de que: "quanto mais antigo fôr o sedimento, mais simples é o seu conteúdo mineralógico, predominando os minerais mais estáveis", pode-se afirmar que os solos em questão têm um alto grau de maturidade.

5 - CONCLUSÕES

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

- A utilização dos dados da análise granulométrica, para a constatação de descontinuidades litológicas, deve ser analisada cautelosamente.
- A não ocorrência de mudanças bruscas na distribuição do tamanho das partículas da areia total, de acordo com a profundidade, não assegura a homogeneidade do perfil.
- O simples conteúdo mineralógico, tanto de minerais leves como de pesados, revela o alto grau de maturidade dos solos estudados.
- Para o estudo de gênese e de classificação de solos, a descrição morfológica deve ser complementada em laboratório, por meio de análises mineralógicas.
- A descontinuidade litológica nem sempre está associada à presença de linha de pedras.
- Os perfis P₃ e P₄ sofreram contribuições de origem metamórfica, evidenciadas pela presença de estauroлита.
- O perfil P₁ apresenta duas descontinuidades litológicas, a profundidades de 100 e 373 cm. e, conseqüentemente, a seqüência de horizontes torna-se: Ap, B₁, IIB₂₁, IIB₂₂ sup., IIB₂₂ inf., IIB₂₃, IIC₁, IIIC₂, IIIC₃, IIIC₃(trado), IIIR.

- O perfil P₂ apresenta três descontinuidades litológicas, a profundidades de 180, 205 e 310 cm e, conseqüentemente, a seqüência de horizontes torna-se: Ap, A_{3g}, B_{2g}, B_{3g}, IIC_{1g}, IIIC_{2g}, IIIC_{3g}, IVC_{4g}, IVC_{5g}, IVR.
- O perfil P₃ apresenta duas descontinuidades litológicas, a profundidades de 75 e 360 cm e, conseqüentemente, a seqüência de horizontes torna-se: Ap, A₃, IIB_{21t}, IIB_{22t}, IIB₃, IIC₁, IIC₂, IIIC₃, IIIC₄.
- O perfil P₄ apresenta duas descontinuidades litológicas, a profundidades de 90 e 360 cm e, conseqüentemente, a seqüência de horizontes torna-se: Ap, B_{21t}, IIB_{22t}, IIB_{23t}, IIB₃₁, IIB₃₂, IIIC₁, IIIC₂.

6 - RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o estudo de quatro perfis de solos da região de Piracicaba, Estado de São Paulo. Foram pesquisadas as características morfológicas, granulométricas e mineralógicas, tendo-se como finalidades: a) importância, para o estudo de gênese e de classificação de solos, da análise mineralógica como complemento à morfologia de campo; b) o estudo da granulometria da areia total, com o fim de comprovar ocorrências de descontinuidades litológicas; c) a associação de linha de pedras com descontinuidades litológicas; d) o estudo da relação zirconita/turmalina em função da uniformidade do solo.

Os perfis aqui estudados, denominados P₁, P₂, P₃ e P₄, totalizam 38 horizontes. Obtidas as amostras de solos, procederam-se as análises mecânica e mineralógica.

Para ambas as análises, foram eliminados os sais solúveis, cátions divalentes trocáveis, matéria orgânica, MnO₂ e óxidos de ferro livres. Posteriormente, foi levado a efeito a dispersão e separação da areia.

Para a análise granulométrica, a areia total foi dividida em cinco frações: areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina. Esta divisão revelou a areia fina como a fração representativa, ou "moda", e a areia muito fina, como o componente de maior quantidade logo após a "moda". Os dados referentes à análise granulométrica revelam que os perfis P₁ e P₃ apresentam resultados uniformes, diferindo, porém, dos perfis P₂ e P₄. A utilização destes dados, para constatação de descontinuidades litológicas,

deve ser analisada cuidadosamente, e sempre associada com análises mineralógicas.

Para a análise mineralógica, a fração representativa, ou "moda", foi escolhida para a separação dos minerais leves e pesados, caracterização e contagem das espécies minerais.

Os dados referentes à análise dos minerais leves revelaram a presença dominante do quartzo em todos os perfis.

Os resultados da análise dos minerais pesados, através da relação zirconita/turmalina, revelaram descontinuidades litológicas em todos os perfis de solos estudados, e que nem sempre certas descontinuidades litológicas estavam associadas com a presença de linha de pedras.

7 - SUMMARY

This work had the scope to show the study of four soil profiles of the land of Piracicaba, in the state of São Paulo. Morphological, mineralogical and granulometrical characteristics were researched, in the purpose of: a) the importance for the study of the genesis and soil classification of the mineralogical analysis as a complement to the field morphology; b) the study of mechanical analysis of total sand in order to prove the occurrence of lithological discontinuities; c) the association of stone lines with lithological discontinuities; d) the study of relationship zircon/tourmaline in function of the soil uniformity.

The profiles studied here, named P₁, P₂, P₃ and P₄, totalize 38 horizons. Once we have got the samples of soil, mineralogical and mechanical analyses were researched.

For both analyses, soluble salts, exchangeable divalent cations, organic matter, free MnO₂ and iron oxids were eliminated. Lately, it was made the dispersion and separation of the sand.

For the granulometrical analysis, the total sand was divided into five fractions: very coarse sand, coarse sand, medium sand, fine sand and very fine sand. This division revealed that the fine sand is the representative fraction, or mode, and the very fine sand as the component of larger quantity after the mode. The given results referring to the granulometrical analysis reveal that P₁ and P₃ profiles show uniform result, differing from P₂ and P₄ profiles,

as well. The use of these results, to prove the lithological discontinuities, should be analysed carefully, and always be associated with the mineralogical analyses.

For the mineralogical analysis, the representative fraction, or mode, was chosen for the separation of light minerals and heavy ones, characterization and counting of mineral species.

The result referring to the analysis of light minerals revealed the dominant presence of quartz in all profiles.

The results of the analysis of heavy minerals, through the relationship zircon/tourmaline showed lithological discontinuities in all the soil profiles of researched soils, and that, not always, certain lithological discontinuities were associated with the stone lines presence.

8 - BIBLIOGRAFIA

- 1 - AGUILERA, N.H. and JACKSON, M.L. - 1953 - Iron Oxide Removal from Soils and Clays. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17: 295 - 364.
- 2 - ALMEIDA, F.F.M. - 1950 - Uma Faunula de Crustáceos Bivalvos do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Div. Geol. e Min., DNPM, Bol. 134. 36 pp.
- 3 - ALMEIDA, F.F.M. e BARBOSA, O. - 1953 - Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Div. Geol. e Min., DNPM, Bol. 143. 96 pp.
- 4 - ARNEMAN, H.F., KHAN, A.D. and Mc MILLER, P.R. - 1958 - Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Related Minnesota Prairie Soils. Univ. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 227. 47 pp.
- 5 - BEAVERS, A.H. - 1960 - Use of X-ray Spectrographic Analysis for the Study of Soil Genesis. Int. Congr. Soil Sci. Trans. 7th (Madison, Wis.). 2: 1-9.
- 6 - BREWER, ROY - 1955 - Mineralogical Examination of a Yellow Podzolic Soil Formed on Granodiorite. C.S.I.R.O.(Aust). Soil Publ. 5 28 pp.
- 7 - _____ - 1964 - Structure and Mineral Analysis of Soils. In C.I. Rich and G.W. Kunze (ed.). SOIL CLAY MINERALOGY: a symposium Univ. N.C. Press., Chapel Hill. 77-112.
- 8 - _____ - 1964 - Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York. John Willey and Sons, inc. 470 pp.

- 9 - BRAJNIKOV, B. - 1944 - Sur l'Importance de la Granulométrie pour l'Etude Quantitative des Minéraux Lourds dans un Sediment. Bull. Soc. Geol. France 14: 381-395.
- 10 - BUCKHANNAM, W.H. and HAM, W.E. - 1941 - Preliminary Investigation of Heavy Mineral Criteria as an Aid Identification of Certain Soils in Oklahoma. Soil. Soc. Am. Proc. 6 : 63-67.
- 11 - CARROLL, DOROTHY - 1936 - Heavy Mineral Assemblages of Soils from the Gold of Western Australia. Geol. Mag. 73: 503-511.
- 12 - CARVALHO, A.M.V. - 1954 - Contribuição ao Estudo Petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol. 3 (1): 51-72.
- 13 - COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. - 1960 - Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Bol. Ser. Nac. Pesq. Agr. 12. 634 pp.
- 14 - CRAMPTON, C.B. - 1961 - An Interpretation of the Micro-Mineralogy of Certain Glamorgan Soils: The Influence of Ice and wide. J. Soil. Sci. 12: 158-171.
- 15 - DANA - HURLBUT - 1969 - Manual de Mineralogia. Vol. I e II (tradução). 642 pp.
- 16 - DEMATTÊ, J.L.I. - 1970 - Gênese e Classificação de Solos Originados de Sedimentos do Grupo Geológico Estrada Nova - Piracicaba. Tese de Livre Docência. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba - Estado de São Paulo. 123 pp. (mimeografado).
- 17 - DEYDEN, L. and DRYDEN, G. - 1946 - Comparative Rates of Weathering of Some Common Heavy Minerals. J. Sed. Petrology. 16:91 - 96, illus.

- 18 - FOSS, J.E. and RUST, R.H. - 1968 - Soil Genesis Study of Lithologic Discontinuity in Glacial Drift in western Wisconsin. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 321: 394-396.
- 19 - FREITAS, R.O. - 1953 - Composição e Granulometria da Praia de São Sebastião, SP. Bol. Soc. Bras. Geol. 2: 29-36.
- 20 - _____ - 1955 - Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Série Bauru. Fac. Fil. Ciên. Let., USP, Bol. 194, Geol. 14. 185 pp.
- 21 - GOLDICH, S.S. - 1938 - A Study in Rock Weathering. J. Geol. 46: 17-58, illus.
- 22 - GORDON JR., M. - 1947 - Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Preliminares e Estudos, DNPM, 38. 20 pp.
- 23 - GUERREIRO, G.P. - 1958 - Micromineralogia de Suelos, Sedimentos e Rochas Terciárias do Vale del Genil (Fuente Genil, Ecija). Anales de Edaf. y Fisiol. Veg. 9-10: 713-754.
- 24 - HASEMAN, J.F. and MARSHALL, C.E. - 1945 - The Use of Heavy Minerals in Studies of the Origin and Development of Soils. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 387. 60 pp.
- 25 - HUMBERT, R.P. and MARSHALL, C.E. - 1943 - Mineralogical and Chemical Studies of Soil Formation from Acid and Basic Rocks in Missouri. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 359. 60 pp.
- 26 - JACKSON, M.L. - 1956 - Chemical Analysis. Advanced Course. Pub. by the Author. Dept. of Soils, Univ. of Wis., Madison, Wis. U.S.A. 991 pp (mimeografado).
- 27 - _____ and SHERMAN, G.D. - 1953 - Chemical Weathering of Minerals in Soils. Advances in Agronomy. 5: 219-318.

- 28 - JEFFRIES, C.D. - 1937 - The Mineralogical Composition of the Very Fine Sands of Some Pennsylvania Soils. Soil Sci. 43: 357-366.
- 29 - _____ and WHITE, J.W. - Some Mineralogical and Chemical Characteristics of a Hagerstown Soil Profile. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 2: 133-141.
- 30 - KREBS, R.D. and TEDROW, J.C.F. - 1957 - Genesis of Three Soils Derived from Wisconsin Till in New Jersey. Soil Sci. 83: 207-218.
- 31 - KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. - 1938 - Manual of Sedimentary Petrography. Appleton Century-Crofts, Inc. New York, U.S.A. 549 pp.
- 32 - LEINZ, V. - 1938 - Estudos Petrográficos sobre os Arenitos de Anhembi, São Paulo. Min. e Met. II (11): 340-342.
- 33 - MARCONI, A. - 1969 - Contribuição ao Estudo da Mineralogia de Solos do Município de Piracicaba. Tese de Doutorado apresentada na E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. 101 pp. (mimeografado).
- 34 - Mc CRACKEN, R.J. - 1968 - Applications of Soil Mineralogy to Soil Classification Investigations. MINERALOGY: Soil Sci & Engineering. 53-60.
- 35 - MEDEIROS, G.B. - 1971 - Gênese e Classificação de Alguns Solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras, Município de Rio das Pedras. Tese de M.S. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba - Estado de São Paulo. 70 pp (mimeografado).
- 36 - MEHRA, O.P. and JACKSON, M.L. - 1953 - Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered with Sodium Bicarbonate. Proc. 7th Natl. Conf.

- on Clays and Clay Minerals. Pergamon Press., New York. 317-327.
- 37 - MELFI, A.J. - 1967 - Intemperismo de Granitos e Diabásios no Município de Campinas e Arredores, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado apresentada à Fac. Ciên. Let. USP. 166 pp. (mimeografado).
- 38 - _____, GIRARDI, V.A.V. e MONIZ, A.C. - 1966 - Mineralogia dos Solos da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo". Bragantia. 25: 9-30.
- 39 - MEZZALIRA, S. - 1965 - Descrição Geológica e Geográfica das Fôlhas de Piracicaba e São Carlos, SP. Inst. Geogr. e Geol. Bol. 43. 41 pp.
- 40 - MILNER, H.B. - 1962 - Sedimentary Petrography. Georgy Allen Unwin Ltd. London, England. 4ª ed., 2 vols. 1358 pp.
- 41 - PARFENOVA, I. and YARILOVA, A. - 1958 - Problems and Methods of Microscopic and Mineralogic Soil Investigations. Soviet Soil Sci. 12: 1331-1338.
- 42 - PETTIJOHN, F.J. - 1941 - Persistence of Heavy Minerals and Geologic Age. Jour. Geol. 49: 610-625.
- 43 - RANZANI, G., FREIRE, O e KINJO, T - 1966 - Carta de Solos do Município de Piracicaba. E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba. Est. S. Paulo. 83 pp. (mimeografado.)
- 44 - RODRIGUES DA SILVA, R. - 1964 - Determinações com o Microscópio Polarizante. Inst. Geol. Série Didática nº 5 - Univ. Fed. de Pe. 62 pp. ilustr.

- 45 - RUHE, R.V. - 1956 - Geomorphic Surfaces and the Nature of Soils. Soil Sci. 82: 441-455.
- 46 - _____ - 1958 - Stone Lines in Soils. USDA. Soil Sci. 87: 223-231.
- 47 - _____ - 1967 - Geomorphologic of Parts of the Greenfield Quadrangle, Adair County, Iowa. Technical Bull. 1349: 93-161.
- 48 - SEALE, R.S. - 1956 - The Heavy Minerals of Some Soils from the Neighbourhood of Cambridge, England. Soil Sci. 7: 307-316.
- 49 - SETZER, J. - 1949 - Os Solos do Estado de São Paulo. Pub. nº 6 da série "A". C.N.G. Rio de Janeiro. IBGE.
- 50 - SMITHSON, F. - 1941 - Alternation of Detrital Minerals in the Mesozoic Rocks of Yorkshire. Geol. Mag. 78:97-112.
- 51 - _____ - 1953 - The Micro-Mineralogy of North Wallis Soils. J. Soil Sci. 4: 124-210.
- 52 - SOIL SURVEY STAFF - 1962 - Soil Survey Manual. USDA. Handbook nº 18. Soil Conservation Service.
- 53 - _____ - 1960 - Soil Classification - A Comprehensive System. 7th Approximation. Soil Conservation Service. USDA.
- 54 - _____ - 1967 - Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Second Printing - Soil Conservation Service. USDA.
- 55 - TWENHOFEL, W.H. and TYLER, S.A. - 1941 - Methods of Study of Sediments. Mc Graw-Hill Book Company. Inc. New York, USA, 183 pp.

56 - WAHLSTROM, E.E. - 1969 - Cristalografia Ótica. 367 pp.
(tradução).

57 - WEYL, R. - 1952 - Studies of Heavy Minerals in Soil Profiles. Z. PflErnahr., Dung., Bodenkunde. 57: 135-141.