

**OBSERVAÇÕES MICROMORFOLÓGICAS EM SETE PERFIS
DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA,
ESTADO DE SÃO PAULO**

Dilermando Derecin

Engenheiro Agrônomo

Douglas Alberto Ferraz de Campos

Professor Orientador

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

PIRACICABA - S. P.
1973

A meus pais e irmãos

dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Douglas Alberto Ferraz de Campos, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, orientador desta dissertação, pelas críticas, sugestões e revisão do texto.

Ao Professor Ibrahim Octavio Abrahão, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pelas críticas e sugestões.

Ao Professor Evêneo Berti Filho, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pelo resumo em inglês.

Ao Professor Evaristo Ribeiro Filho, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelas microfotografias.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de Bolsa de Aperfeiçoamento.

C O N T E Ú D O

	Página
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	3
3. <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	17
3.1. <u>Materiais</u>	17
3.1.1. Solos	17
3.1.2. Resinas	17
3.1.2.1. Goma "Dammara"	17
3.1.2.2. Resina Acrílica de Polimerização Lenta	18
3.1.3. Catalizadores, Solventes e Lubrificantes	18
3.1.4. Aparelhos e Acessórios	18
3.1.5. Microscópio e Acessórios	18
3.1.5.1. Microscópio	18
3.1.5.2. Ocular de Integração	20
3.2. <u>Métodos</u>	20
3.2.1. Coleta dos Solos no Campo	20
3.2.2. Preparação de Amostras para Impregnação	20
3.2.3. Impregnação	21
3.2.3.1. Goma "Dammara"	21
3.2.3.2. Acrílico de Polimerização Lenta	22
3.2.4. Obtenção das Seções Delgadas	23
3.2.5. Exame das Seções Delgadas	24
4. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	27
4.1. <u>Esqueleto Mineral</u>	27
4.1.1. Considerações Gerais	27
4.1.2. Composição Mineralógica de Grânulos	27
4.1.2.1. Perfis desenvolvidos sobre o arenito Botucatu	28
4.1.2.2. Perfil desenvolvido sobre diabásio	29
4.1.3. Discussão	29

	Página
4.2. <u>Fábrica do Solo</u>	30
4.2.1. Considerações Gerais	30
4.2.2. Morfologia e Terminologia	31
4.2.3. Resultados	32
4.2.4. Discussão	33
4.3. <u>Fábrica do Plasma</u>	35
4.3.1. Considerações Gerais	35
4.3.2. Morfologia e Terminologia	36
4.3.3. Resultados	37
4.3.4. Discussão	38
4.4. <u>Argila Iluviada</u>	40
4.4.1. Considerações Gerais	40
4.4.2. Morfologia e Terminologia	41
4.4.3. Resultados	42
4.4.4. Discussão	44
4.4.4.1. Ocorrência e caracterização	44
4.4.4.2. Gênese e orientação	50
4.5. <u>Glébulas e Pedotúbulos</u>	52
4.5.1. Considerações Gerais	52
4.5.2. Morfologia e Terminologia	52
4.5.3. Resultados	53
4.5.4. Discussão	56
4.5.4.1. Pedotúbulos e pelotas fecais	56
4.5.4.2. Glébulas	57
4.6. <u>Agregados</u>	59
4.6.1. Considerações Gerais	59
4.6.2. Morfologia e Terminologia	59
4.6.3. Resultados	60
4.6.4. Discussão	61
4.7. <u>Porosidade</u>	62
4.7.1. Considerações Gerais	62
4.7.2. Resultados	62
4.7.3. Discussão	65

	Página
4.8. <u>Forma dos Vazios</u>	66
4.8.1. Considerações Gerais	66
4.8.2. Morfologia e Terminologia	66
4.8.3. Resultados	67
4.8.4. Discussão	67
4.9. <u>Discussão Resumida para cada Perfil</u>	75
4.9.1. Perfil Anhumas	75
4.9.2. Perfil Cruz Alta	75
4.9.3. Perfil Ibitiruna	75
4.9.4. Perfil Paredão Vermelho	76
4.9.5. Perfil Ribeirão Claro	76
4.9.6. Perfil Saltinho	77
4.9.7. Perfil Luiz de Queiroz	77
5. <u>CONCLUSÕES</u>	79
6. <u>RESUMO</u>	82
7. <u>SUMMARY</u>	85
8. LITERATURA CITADA	88

1. INTRODUÇÃO

Micromorfologia de solos é a parte da micropedologia que estuda a morfologia com o auxílio de métodos microscópicos. Tem como objetivo o estudo de solos em amostras que preservam inalterados seus caracteres naturais.

Nos últimos 20 anos o interesse por essa ciência tem aumentado consideravelmente. Já se realizaram três Congressos Internacionais de Micromorfologia de Solos: 1958 na Alemanha, 1964 na Holanda e 1969 na Polônia. Características de solos, como forma e tamanho de vazios e agregados, arranjo e volume de constituintes, interação de seus constituintes com raízes, iluviação de minerais de argila e outros constituintes de interesse à gênese e classificação, além de outros, são facilmente determinados por métodos micromorfológicos.

Neste trabalho apresenta-se um levantamento de características micromorfológicas em horizontes de 7 séries de solos do município de Piracicaba - SP: Anhumas, Cruz Alta, Ibitiruna, Luiz de Queiroz, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Salinho, num total de 34 horizontes. O estudo realiza-se exclusivamente através de seções delgadas sob microscópio polarizante, sendo observados: esqueleto mineral, fábrica do solo, fábrica

do plasma, argila iluviada, glébulas e pedotúbulos, agregados, porosidade e forma de vazios.

Os resultados obtidos são discutidos separadamente para cada característica micromorfológica e perfil de solo.

A pesquisa foi realizada com base na hipótese prévia de que os estudos micromorfológicos podem complementar as observações de campo, fornecendo elementos valiosos para interpretação das propriedades físicas de solos bem como contribuindo para elucidação de problemas de gênese e classificação de solos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os primeiros estudos microscópicos do solo foram realizados no início do século.

KUBIENA (1938) publica o primeiro livro sobre micropedologia. Explora amplamente o assunto, apresenta observações que devem ser realizadas e conclusões que podem advir. Descreve equipamentos e técnicas necessárias ao desenvolvimento desses estudos.

A partir dessa data foram testados grande número de produtos para impregnação de amostras de solos para estudos micromorfológicos. Lanskoy e Pedashenko (1946), citado por POL'SKIY (1962) e BORDEAU e BERGER (1947) provavelmente são os primeiros que utilizaram resinas plásticas na impregnação.

O desenvolvimento da micromorfologia dava-se lentamente e um interesse maior por essa ciência só foi despertado a partir de 1950. As razões desse maior desenvolvimento se prendem ao emprego de técnicas mais eficientes de impregnação e também à evolução e reconhecimento da importância dos conhecimentos micromorfológicos.

KUBIENA (1952; 1953) apresenta diagnóstico e sistemática de solos importantes da Europa. No capítulo que trata da descrição desses solos, encontra-se, entre outros, o item micromorfologia, onde, através de seções delgadas de diversos horizontes, o autor utiliza características microscópicas, às vezes como fator decisivo, na classificação dos solos. Dedica capítulo ao estudo microscópico do húmus do solo apresentando chave para sua identificação. Apresenta ilustrações de perfis, de micromorfologia e de forma de húmus do solo.

McCALEB (1954) estuda uma sequência de "Gray Brow Podzolic". Cita que o horizonte A possui maior atividade biológica possibilitando continuamente a formação de novos vazios. Isto dá oportunidade para que partículas de argila sejam carregadas para horizontes inferiores. Por outro lado, no horizonte B desenvolvem-se poucos vazios novos, normalmente os que resultam da penetração de raízes de plantas, e eles estão continuamente sendo enchidos por material do horizonte superior diminuindo a porosidade do horizonte. Verifica que a argila iluviada, nos cortes transversais de vazios, mostra camadas concêntricas e nos cortes longitudinais camadas paralelas às paredes dos vazios. Postula que o movimento de argila do horizonte A para o B é resultado de transporte físico.

BREWER (1955) através de análises mineralógicas e de seções delgadas sugere uma sequência dos processos de gênese de um solo podzólico amarelo proveniente de granodiorito. A partir de medições da densidade, porosidade e cálculos da percentagem de minerais conclui que há um progressivo intemperismo de todos os minerais primários do material de origem à superfície do solo. As seções delgadas mostram que a iluviação de argilas não é um processo significativo, no solo em estudo, e que o gradiente textural pode ser explicado pela grande quantidade de nódulos com argila nos horizontes superiores.

BREWER (1956) cita que os estudos de seções delgadas de solos inalterados e de misturas de areia e argila artificialmente preparadas demonstram que o filme de argila (cutã), contínuo e fortemente orientado, nas paredes dos canais e de grã

nulos minerais, geralmente, é resultado do movimento de argila pelo perfil. No entanto, debaixo de certas condições pode produzir-se argilas orientadas por: deposições de aluviões, alternados períodos de secamento e molhamento no perfil etc. Por outro lado salienta que a argila iluviada, também, pode não ser fortemente orientada. Por essas razões, recomenda que medições da porosidade e cálculo do conteúdo de argila produzida pelo intemperismo, durante a formação do solo, a exemplo do que é feito por BREWER (1955), são importantes na avaliação dos processos de gênese do solo. Salienta que o arrançamento da argila nas paredes dos vazios, agregados e minerais primários tem um efeito significativo na consistência e outras propriedades físicas do solo.

Segundo Kubiena (1956), citado por STEPHEN (1960), dois processos de gênese de solos estão intimamente ligados ao comportamento dos óxidos de ferro: a laterização e a ruborização. Laterização é um processo regional de gênese em que o óxido de ferro é separado e precipitado nas fissuras e outros vazios produzindo grande variedade de formas estruturais. Por outro lado, sob forte contraste de clima seco e úmido e especialmente boa drenagem, o óxido de ferro é separado muito mais lentamente (provavelmente em microcristais de hematita) e torna-se distribuído em todo o plasma ou concentrado em pequenas manchas (precipitado "Iwatoka"). Cita que somente estudos micromorfológicos podem identificar e separar fases da evolução desses processos. A ruborização, por exemplo, dá-se inicialmente em pequenas manchas e depois se estende progressivamente. Com a evolução do processo as propriedades físicas das argilas são grandemente alteradas passando de uma microestrutura compacta para uma microestrutura esponjosa.

BREWER e HALDANE (1957) realizam experimentos de laboratório provocando a iluvição de argila sobre diferentes proporções de areia e silte, sob vários métodos e condições, com a finalidade de estudar a formação de cutãs fortemente orientadas, que são observadas em condições de campo. Concluem que o grau de orientação desenvolvido está relacionado com a presença de sais solúveis, com o movimento e a deposição de partículas

coloidais através dos vazios e com a proporção de frações areia e limo misturadas ao material argiloso.

DALRYMPLE (1957) apresenta um histórico de materiais impregnantes usados até a época, resultado da observação sobre o emprego de onze resinas. Apresenta ainda uma técnica para preparação de seções delgadas utilizando "dammara" ou "lake-side 70" na impregnação.

OSMOND e STEPHEN (1957) estudam a micromorfologia e mineralogia de terras roxas desenvolvidas sobre sedimento calcário e sobre diábasio. Salientam que a terra roxa desenvolvida sobre diábasio apresenta um horizonte A com uma microestrutura entre porfirosquélica e intertética. Matriz é bastante densa, praticamente sem poros e aparecem fendas finas. As cutãs presentes no horizonte B possuem alongação positiva. Salientam que as investigações micropedológicas confirmam as diferenças observadas no campo e auxiliam na diferenciação e classificação de solos.

PARFENOVA e YARILOVA (1958) discutem os problemas e possibilidades do uso do microscópio na pesquisa de solos. Salientam o emprego de seções delgadas e relacionam observações micropedológicas a problemas de gênese de solos.

EMERSON (1959) propõe que os grumos de solos são constituídos de agregados de argila orientada e de partículas de quartzo ligados por matéria orgânica ou por outros fatores, ainda não bem elucidados. Segundo EMERSON e DETTMANN (1959) os grumos possuem argila não dispersa em água. Esses autores observam, através de seções delgadas, que o arranjo dos grânulos de quartzo e da argila dos grumos de solos aráveis é idêntico ao dos solos sob pastagem.

BREWER (1960) propõe o termo "cutans" para películas que se formam sobre superfícies de constituintes do solo, em substituição aos termos "clay skins" ou "tonhautchens". Apresenta as características e a classificação de tais películas, sua composição e seu significado no estudo do solo; principal -

mente com relação a processos de gênese. O trabalho é ilustrado com microfotografias, as quais completam o estudo das características microscópicas apresentadas.

BREWER e SLEEMAN (1960) fazem uma revisão dos conceitos de estrutura, fábrica e textura do solo, conforme estabelecidos por diversos autores e os apresentam sob novo aspecto, no qual fábrica é uma parte da estrutura e estrutura uma parte da textura. Procuram introduzir vários termos descritivos para estrutura do solo. Apresentam um sistema descritivo das observações que devem ser realizadas durante o estudo da estrutura do solo, através de seções delgadas.

SOIL SURVEY STAFF (1960) cita que as argilas de forma laminar quando removidas e depositadas tendem a orientar-se com seus maiores eixos físicos paralelos à superfície de deposição. Formam-se revestimentos de partículas de argila orientadas (cutãs) nas paredes dos canaliculos através dos quais a água move-se. Cita que essas películas podem ser reconhecidas no campo, quando bem desenvolvidas, e encontram-se em materiais de textura média. Para solos de textura fina ou quando as cutãs são pouco desenvolvidas, o critério mais seguro é o reconhecimento através de seções delgadas.

STEPHEN (1960) apresenta uma revisão sobre a orientação ótica de argilas, observada através de seções delgadas. Salienta que o estudo micromorfológico da argila iluviada fornece informações valiosas sobre gênese de solo e auxilia na sua classificação.

ANDERSON e BINNIE (1961) revisam os métodos estatísticos de cálculo de volume através de técnicas microscópicas. Discutem e justificam a sua aplicação em solos e sedimentos não consolidados.

BUOL e FADNESS (1961) apresentam esquema de aparelhos para impregnação de solos com auxílio de vácuo (7 mm de Hg). Recomendam o emprego de "castolite" ou "laminac resin" e estireno na proporção de 1:1 em presença de um catalizador. Sa

lientam que o emprego de vácuo antes de fluir o líquido sobre a amostra diminui o efeito danoso da tensão superficial ocasionada quando se coloca a amostra em contacto com o líquido e depois se realiza o vácuo.

POL'SKIY (1962) faz estudo crítico de alguns impregnantes usados até a época. Descreve pormenorizadamente a técnica de preparação de seções delgadas usando resinas naturais. Salienta os cuidados a serem tomados e as limitações que estas resinas apresentam. Apresenta esquema de aparelhos para emprego de vácuo e discute a possibilidade do emprego de alguns produtos sintéticos derivados do "carbinol".

ROMASHKEVICH (1962) estuda a microestrutura de vários solos e de seus produtos de erosão, através de blocos polidos. Descreve as observações realizadas sob o microscópio e apresenta algumas conclusões, dentre as quais se destaca a que afirma existir uma relação direta entre a microestrutura, a estabilidade em água e a erosão do solo.

BREWER e SLEEMAN (1963) propõem o nome de pedotúbulo para uma feição pedológica que consiste em partes do solo (esqueleto ou esqueleto + plasma). Sua morfologia geral sugere que se tenham originado em vazios causados pela atividade da flora e fauna, pelo enchimento parcial ou total com constituintes do solo.

KORINA e FAUSTOVA (1963) estudam a microestrutura de depósitos glaciais, em seções delgadas obtidas de amostras de morenas, das regiões de Valday e Moscou. Concluem que os tipos de microestrutura podem caracterizar as morenas de cada região. Procuram interpretar os fenômenos de orientação ótica das argilas, relacionando-os com processos de iluviação e sedimentação do material. Salientam que argilas orientadas formam-se durante a sedimentação em água ou por pressão.

MOROZOVA (1963) descreve características micro-morfológicas, de solos sepultados, através de seções delgadas sob microscópio polarizante. Conclui que esse método de inves-

tigação torna possível julgar a natureza dos processos de formação de solos antigos, os perfis genéticos podem ser claramente diferenciados quanto a microestrutura de seus horizontes.

BREWER (1964) publica um livro que apresenta duas partes principais: uma, dedicada à análise mineralógica, e outra, à análise de estrutura e fábrica do solo. Com poucas exceções todo o trabalho é dedicado à observação do solo em seções delgadas sob microscópio polarizante. Introduce um grande número de termos novos e faz uma reavaliação e redefinição de muitos outros, usados até a época. Apresenta uma sistemática por menorizada das observações que devem ser realizadas e o seu significado, principalmente no que diz respeito à gênese, morfologia e classificação de solos. Apresenta, ainda, técnicas de coleta de material e de preparação de seções delgadas, tanto para estudo da microestrutura, como da análise mineralógica. Para impregnação com plásticos destaca a resina poliéster "plastene 47", plástico semelhante à "castolite" que em virtude de sua viscosidade só deve ser empregada para solos porosos e a resina "durcupan" que é plástico tipo "epoxy" de baixa viscosidade que, através de procedimento tedioso, pode ser empregado para solos densos. Cita também o emprego das resinas: "epirez nº 2659 E", carbowax 6000" e "latex sols". Recomenda vácuo de 25 a 27 polegadas de Hg.

BREWER e SLEEMAN (1964) apresentam uma nova sistemática de corpos concrecionários, sob a denominação geral de glébulas. Esses constituintes são divididos em sub grupos de acordo com sua estrutura interna, análise mineralógica e forma. As glébulas incluem nódulos, concreções, septária, pedodol, pápulas e glébulas aureolares. Interpretam a ocorrência desses corpos no solo em função de sua origem: herança ou formação "in situ".

SOILLEAU, JACKSON e McCracken (1964) estudam a influência de cutãs ferro-caoliníticas envolvendo agregados e a disponibilidade, às plantas, do Potássio que se encontra dentro desses agregados. Salientam que a presença de cutãs tende a estabilizar os agregados. Comparam o crescimento e absorção de

Potássio pelas plantas crescidas em agregados sem e com cutãs ferro-caoliníticas. Concluem que a presença de cutãs reduz o crescimento, a absorção de Potássio e resulta em apreciável aumento na acumulação de Cálcio e Magnésio pelas plantas.

FEDOROFF (1967) apresenta um estudo macro e micromorfológico de paleossolos. Salienta que a micromorfologia é capaz de separar as várias fases pedogenéticas, classificá-las cronologicamente e identificar os diferentes tipos de lixiviação.

JEANSON (1967) descreve o princípio e o dispositivo para montagem de solos artificiais. Realiza investigação micromorfológica da acumulação de óxido de ferro, argila, calcita e matéria orgânica em solos artificiais. Apresenta resultados sobre o tempo necessário para solubilização, migração, concentração e precipitação dos citados constituintes.

RUTHERFORD (1967) descreve características micropedológicas de solos podzólicos do sudeste de Ontário (Canadá) interpretando-as em função de sua pedogênese. Salienta que as características micropedológicas confirmam os dados analíticos e indicam que ocorreu considerável organização pedogenética afetando toda a camada sedimentar original.

Para SOIL SURVEY STAFF (1967) a translocação de minerais de argila é básica para o conceito de horizonte argílico. Cita que a argila iluviada pode ser identificada com auxílio do microscópio polarizante e que, para ser argílico, a argila iluviada deve constituir 1% ou mais da seção transversal.

CAMPOS (1968) apresenta um estudo sobre a micropedologia de horizontes de três séries de solos, desenvolvidos sobre o arenito Botucatu. Para preparação das seções delgadas utiliza a técnica de DALRYMPLE (1957), na qual introduz algumas modificações.

ALLISON (1968) apresenta um estudo crítico sobre o atual conhecimento de agregados de solos. Cita que as cutãs

diminuem ou modificam o normal movimento e rearranjo de partículas de solos afetando o sistema de agregação e que as cutãs constituem um agente eficiente na estabilização de agregados. Sugere o emprego de seções delgadas para estudos de formação e estabilização de agregados.

KHALIFA e BUOL (1968) observam argila iluviada nas faces de agregados, e vazios do horizonte B₂₂ do solo Cecil da Carolina do Norte. Observam, também, argila iluviada nos vazios verticais do horizonte C₁. Comparando a argila do interior do agregado com a iluviada observam que esta contém mais: argila fina (menor que 0,2 μ), ferro total, ferro livre, Al₂O₃, K₂O, P₂O₅, N total; e menos: sílica e gibbsita. A fração argila fina (menor que 0,2 μ) do horizonte A₂ e argila iluviada do horizonte B₂₂ são similares; ambas são finamente divididas e mal cristalizadas, comparadas com a argila fina do horizonte B₂₂ e a iluviada do horizonte C₁.

RACZ (1968) resume o conhecimento de gênese e classificação de podzols da Jugoslávia. Discute as diferenças micromorfológicas de quatro tipos de podzols. Apresenta microfotografias dos horizontes estudados. Salienta que a micromorfologia oferece novas possibilidades para o mapeamento dos subtipos de podzols.

TSELISHCHEVA (1968) descreve características micromorfológicas de três perfis de solos da Transcarpathia. Interpreta as características observadas em função da gênese do solo.

BREWER e WALKER (1969) estudam 5 perfis de solos com o objetivo de determinar alterações que ocorrem durante a evolução e intemperismo de solos. Os critérios utilizados são: morfologia, micromorfologia (características da fábrica, evidências de intemperismo em fragmentos de rochas e em biotita, volume e profundidade da argila iluviada), distribuição do tamanho de grânulos com a profundidade e mineralogia da argila.

CAMPOS (1969) apresenta algumas observações óticas, realizadas através de seções delgadas, que podem contri -

buir para caracterização de horizontes e de perfis de solos e auxiliar o estudo de sua gênese.

GALEHOUSE (1969) cita que a análise quantitativa de grânulos pode resultar em: número percentagem ou número frequência. O número percentagem pode ser obtido quando todos os grânulos do "slide" são contados (método de Fleet, 1926), ou quando todos os grânulos de uma área (ou faixa) são contados (método de Ribbon). O número percentagem é função da abundância numérica dos grânulos. O número frequência é obtido quando são contados os grânulos que interceptam linhas traçadas sobre o "slide" (método da linha). O número frequência é função da abundância numérica e do tamanho dos grânulos.

GROSSMAN e CARLISLE (1969) descrevem algumas características micromorfológicas de "fragipan soils" dos U.S.A.

KHALIFA e BUOL (1969) conduzem experimentos em casa de vegetação para estudar o efeito de cutãs na absorção de nutrientes e no crescimento de plantas. Plantas de trigo foram colocadas para crescer, por 4 semanas, em agregados, com e sem cutãs, do horizonte B₂₂ do solo Cecil (Carolina do Norte). Dados de peso seco e total de N, P e K contidos nas plantas foram estatisticamente analisados. As plantas crescidas em agregados sem cutãs apresentaram maior peso seco e maior quantidade de N, P e K do aquelas crescidas em agregados com cutãs. Concluem que as cutãs são desfavoráveis ao crescimento e absorção de nutrientes (especialmente P e K) funcionando como uma barreira para o crescimento das plantas e/ou diminuindo a difusão de material do interior do agregado para a solução circulante entre agregados.

KREMER (1969) descreve características micromorfológicas de solos podzólicos. Cita que a comparação da microestrutura com os dados analíticos mostra que a eluviação de argila representa um importante papel na diferenciação de horizontes. Saliencia que a argila em suspensão move-se principalmente entre agregados de 1ª e 2ª ordem e que a deposição de argila nas fissuras é basicamente a maneira pela qual a argila deposita-se nos horizontes B e BC.

NETTLETON, FLACH e BRASHER (1969) estudam solos argilosos com horizontes B argílicos que não apresentam cutãs iluviais. Citam que isto pode ocorrer em solos com alto potencial de contração e dilatação. Estes solos estão sob constante "stress", que pode destruir as cutãs logo após a sua formação. Nesses solos as trincas formadas no período de secamento são os limites dos agregados. No período de molhamento pode ocorrer iluviação de argila que se depositará nas paredes das trincas. A seguir surge outro período de secamento e o solo volta a apresentar trincas, mas estas não ocorrem nos lugares anteriores. O solo não apresenta agregados estáveis e argila iluvial depositar-se-á, durante cada período, em um local diferente, não formando cutãs observáveis através de seções delgadas.

BENNEMA, JONGERIUS e LEMOS (1970) descrevem características micromorfológicas de horizontes óxicos e argílicos de alguns perfis de solos dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Discutem as diferenças encontradas entre horizontes óxicos e argílicos e relacionam essas características a diferentes estágios de intemperismo. Salientam que o sul do Brasil é uma região em que ocorrem oxissóis típicos, cobrindo grandes áreas, associados a solos com horizontes argílicos, sendo, então, uma área excepcionalmente bem situada para investigar o problema dos limites de classe dos oxissóis.

BLEVINS, HOLOWAYCHUCK e WILDING (1970) estudam a influência de raízes de árvores nas propriedades físicas do solo próximo às raízes. A microestrutura do solo em contacto com as raízes observada através de seções delgadas, mostrou uma diminuição de vazios maiores que 20 micros e aumento de argilas orientadas. A porosidade, medida microscopicamente, mostrou-se bastante baixa no intervalo radial até 0,4 mm das raízes; baixa até 2 mm e entre 2 e 4 mm não se observou muita diferença com a região distante das raízes.

CAMPOS (1970) apresenta estudo de agregados de solos do município de Piracicaba, através de seções delgadas. Classifica um terceiro tipo fundamental de agregado que denomina plasma-silte.

HILL (1970) sugere a construção de diagramas de orientação, da direção de vibração do raio lento, para quantificar a orientação e auxiliar na diferenciação e classificação de plasmas birrefringentes. Apresenta diagramas do plasma propriamente dito e subcutâneo de 2 tipos de solos. O plasma propriamente dito mostrou orientação casual e o subcutâneo uma orientação paralela às paredes do vazio.

INNES e PLUTH (1970) aperfeiçoam um aparelho para o controle da temperatura e pressão durante a impregnação com resinas "epoxy" (epoxy scotchcast nº 3). Salientam que o incremento ao uso destas resinas na impregnação de amostras de solos se deve à sua facilidade de preparação, baixa viscosidade, índice de refração (1,53), curto período de polimerização, baixo relevo em seção delgada e alta estabilidade térmica.

LYNN e GROSSMAN (1970) discutem a aplicação do "scanning electron microscope" no estudo da fábrica do solo. Descrevem técnicas de preparo de amostras. Apresentam fotografias de grande aumento e discutem as características micromorfológicas observadas.

MOTUZOV e col. (1970) discutem os principais impregnantes usados até a época, salientando que "a despeito do fato de obterem-se bons resultados, todos os produtos utilizados apresentam certas deficiências que limitam seu uso". Descrevem novo método empregando resina poliéster insaturada PN-1, com auxílio de vácuo (20 mm de Hg), que possui o mais favorável índice de refração para estudos petrográficos.

PETTAPIECE e ZWARICH (1970) apresentam estudo micromorfológico, conduzido em 3 solos; Chernozem, Chernozem Degradado e Podzólico; desenvolvidos sobre sedimento glacial de textura média, moderadamente calcário. Na interpretação das características micromorfológicas salientam que muitas características observadas no campo são manifestações da microestrutura dos vários horizontes.

SLAGER, JONGMANS e PONS (1970) descrevem observações micromorfológicas do plasma, acúmulos de óxido de ferro, pi

rita, gesso, carbonato de cálcio, sílica, etc de solos aluviais argilosos de Surimã e Tailândia. Interpretam as observações segundo as fases de geogênese e pedogênese. Discutem as diversas fases de acumulação de pirita, sua oxidação e acumulação de outros componentes.

ESWARAN (1971) apresenta microfotografias de superfícies de agregados obtidas com o "electron scanning microscope" e salienta algumas diferenças na fábrica de solos tropicais desenvolvidos sobre basaltos. Cita que Eswaran (1970) estudando, através de seções delgadas, um inceptissol, um ultissol e um oxissol desenvolvidos sobre basalto, verificou diferenças micromorfológicas que atribuiu a três fatores:

- i) . aumento em óxido de ferro com a evolução ;
- ii) . mudanças na composição do mineral de argila haloisita predomina no inceptissol e caolinita no oxissol ;
- iii) . decréscimo do "stress" dentro da massa do solo.

GROSSMAN e FEHRENBACHER (1971) examinam argila iluviada de alfissóis de Illinois. O volume de argila iluviada é obtida por técnicas microscópicas. Entre outras conclusões citam que o volume de argila iluviada foi suficiente para responder pelo decréscimo de argila do horizonte eluvial.

MILLER, WILDING e HOLOWAYCHUCK (1971) realizam estudo comparativo entre a superfície cutânica e o interior dos agregados. Salientam que os agregados são separados por uma camada cutânica (argílica) de 1 a 4 mm de espessura e uma camada subcutânica (rica em óxido de ferro) de 3-6 mm de espessura. Apresentam, também, diferenças químicas e físicas das cutãs em comparação com o interior do agregado. Destacam que a influência das cutãs no crescimento das plantas é desproporcionalmente grande em relação ao seu volume. Baseando-se em dados conjun-

tos de seções delgadas, análise textural e outras observações sugerem a genética sequência dos solos da série Canfield. Realizam impregnação de amostras de solos utilizando "castolite" e estireno na proporção de 1:1, sob vácuo de 5 mm de Hg.

CAMPOS e PERECIN (1972) discutem a viabilidade da aplicação da ocular de integração e da platina integradora de Shand na determinação do volume percentual de constituintes do solo. Concluem que a aplicação dessa técnica é de real auxílio no estudo de solos.

Aspectos relacionados com a interpretação da características micromorfológicas são discutidos em BREWER (1972).

Em resumo a micromorfologia tem sido aplicada em muitos ramos da Ciência do Solo, principalmente, em gênese e classificação. As características micromorfológicas mudam, sensivelmente, com as condições de clima, alterações na mineralogia, teor de óxidos de ferro e outros fatores. Como essas variações, em muitos casos, são facilmente notadas ao microscópio, o interesse pela micromorfologia tem aumentado consideravelmente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Solos

Estudam-se perfis modais das séries Anhumas, Cruz Alta, Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Saltinho, que se situam sobre o arenito Botucatu e da série Luiz de Queiroz que se situa sobre eruptiva básica. RANZANI, FREIRE e KINJO (1966), autores da classificação descreveram detalhadamente esses solos, de modo que se apresenta aqui apenas um quadro comparativo das características gerais das séries.

No quadro I, adaptado de RANZANI, FREIRE e KINJO (1966), apresenta-se algumas características gerais das séries estudadas.

3.1.2. Resinas

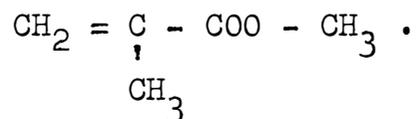
3.1.2.1. Goma "Dammara"

Resina comum, proveniente da exudação de espécies de Shorea, Dipterocarpaceae. Funde ao nível de 120°C, possui

índice de refração semelhante ao bálsamo do Canadá (1,543); é solúvel no álcool absoluto, xilol, tolueno, éter, acetona e insolúvel na água. Pode ser aquecida repetidamente sem alterar sua cor, seu índice de refração e sua resistência.

3.1.2.2 Resina Acrílica de Polimerização Lenta

Resina plástica, facilmente encontrada em nosso comércio, normalmente utilizada para fins odontológicos. Apresenta diversos nomes comerciais: Dinambra, Clássico etc. A resina é um monômero do metilmetacrilato cuja fórmula é:



Encontra-se em mistura com um estabilizador (hidroquinona ou topanol). É solúvel em clorofórmio, acetona, ácido acético, etc.

3.1.3. Catalizadores, Solventes e Lubrificantes

Peróxido de benzoíla, xilol, óleo nujol e querosene.

3.1.4. Aparelhos e Acessórios

Dessecador com funil de separação, bomba de vácuo, estufa com controle de temperatura, recipientes de vidro com tampa, serra de diamante, lixador elétrico, espátulas, serra de relojoeiro, lixas etc.

3.1.5. Microscópio e Acessórios

3.1.5.1. Microscópio

Para estudo das seções delgadas utilizou-se microscópio polarizante e seus acessórios. Para as observações

Quadro I - Características gerais das séries estudadas. (*)

Série	Grande Grupo ou Unidade de mapeamento (**)	Soil Survey Staff (1960)	Área do Município	Classe Textural Generalizada	Drenagem	Relevo
Anhumas	Podzólico Vermelho Amarelo- variação Laras	Lithic Hapludent	14,0	moderadamente grosseira	boa	fortemente ondulado
Cruz Alta	Podzólico Vermelho Amarelo- variação Laras	Aquic Orthopsament	7,3	grosseira	pobre	suavemente ondulado
Ibitiruna	Podzólico Vermelho Amarelo- variação Laras	Psammentic Typochrult	4,5	grosseira	boa	ondulado
Luiz de Queiroz	Terra Roxa Estruturada	Ultic Ultustalf	6,1	mediana	boa	suavemente ondulado
Paredão Vermelho	Latosol Vermelho Amarelo- fase textura media	Orthic Rhodochrult	7,6	grosseira	boa	suavemente ondulado
Ribeirão Claro	Regossol	Orthic Orthopsament	5,7	grosseira	boa	suavemente ondulado
Salinho	Podzólico Vermelho Amarelo- variação Laras	Rhodic Typochrult	1,7	grosseira	boa	suavemente ondulado

(*) adaptado de RANZANI, FREIRE e KINJO (1966).

(**) segundo COMISSÃO DE SOLOS (1960).

micromorfológicas utilizou-se o microscópio polarizante marca E. LEITZ WETZLAR modelo DIALUX-POLL e para o cálculo de volume com a ocular de integração o CARL ZEISS, modelo STANDARD.

3.1.5.2. Ocular de Integração

Para a avaliação da percentagem em volume de alguns constituintes utilizou-se a ocular de integração I, marca CARL ZEISS, Kpl 8x, adaptada ao microscópio polarizante marca CARL ZEISS, modelo STANDARD.

3.2. Métodos

3.2.1. Coleta dos Solos no Campo

Amostras dos perfis modais dos solos escolhidos foram coletados na forma de monólitos de acordo com BREWER (1964) e CAMPOS (1968).

3.2.2. Preparação de Amostras para Impregnação

Para impregnação com goma "dammara" utilizou-se a sequência descrita por CAMPOS (1968). O preparo é delicado em virtude do baixo poder de penetração da resina. Primeiramente foi selecionado, através de características macroscópicas, um local representativo de cada horizonte. Em seguida, com auxílio de serra de relojoeiro e pequenas espátulas foram obtidos blocos com cerca de 40 mm de largura por 10 mm de altura. Os blocos assim obtidos foram atritados suavemente sobre lixa fina até adquirirem a forma de cilindros de aproximadamente 30 mm de diâmetro e 5 a 6 mm de altura.

Para impregnação com acrílico de polimerização lenta, com auxílio de vácuo, o método é semelhante. Entretanto, como essa resina possui maior poder de impregnação, especialmente pelo auxílio do vácuo, torna-se possível a impregnação de

amostras maiores. Optou-se pela obtenção de amostras de 5 a 6 cm de altura e 4 a 5 cm de largura. Esses blocos maiores são mais vantajosos pois possibilitam a obtenção de várias seções delgadas a partir de um único bloco impregnado.

Em resumo, o diâmetro dos blocos foram tomados em função da área final da seção delgada que se pretendia obter e a altura em função do poder de impregnação da resina utilizada.

3.2.3. Impregnação

Das várias resinas utilizadas e propostas na literatura para impregnação de amostras de solos, optou-se, inicialmente, pelo emprego da goma "dammara" em razão dos bons resultados obtidos por CAMPOS (1968). A goma "dammara", no entanto, só apresentou resultados favoráveis em solos arenosos.

Houve, então, necessidade de se utilizar um outro método de impregnação para obtenção das seções delgadas da série Luiz de Queiroz. Optou-se pela impregnação com acrílico de polimerização lenta (monômero do metil-metacrilato). Essa resina é um plástico e o método descrito pode ser utilizado tanto para solos arenosos como argilosos. Em teste comparativo com outros métodos foi o que apresentou melhores resultados, CAMPOS, PERECIN e BORDUCHI (1972).

3.2.3.1. Goma "Dammara"

As amostras dos solos arenosos foram impregnadas com essa resina de acordo com o método descrito por CAMPOS (1968):

- a) . Coloca-se, no fundo de recipientes de vidro ou de metal a resina em excesso de solvente e, posteriormente, sobre o líquido, coloca-se a amostra. O excesso de solvente, por capilaridade, substitui o ar dos vazios. Após alguns minutos nota-se que o líquido espelha na superfície da amostra

(para cada grama de goma utiliza-se 0,5 ml de xilol);

- b) . Leva-se o conjunto sobre chapa aquecedora onde o solvente é evaporado, originando-se forças de sucção acarretadas pelo desprendimento de gases e a resina derretida penetra nos vazios do solo;
- c) . Mantendo uma temperatura conveniente a substituição de solvente pela resina realiza-se sem causar turbulência. Esta operação continua até que, retirando-se uma pequena amostra da resina, esta torna-se quebradiça ao resfriar;
- d) . Se durante a lixação notar-se que a impregnação não foi satisfatória, deve-se repeti-la.

3.2.3.2. Acrílico de Polimerização Lenta

As amostras da série Luiz de Queiroz foram impregnadas com essa resina de acordo com o método descrito por CAMPOS, PERECIN e BORDUCHI (1973):

- a) . Amostras de solos inalterados, convenientemente secas ao ar e protocoladas são colocadas em recipientes de altura um pouco maior que a amostra a impregnar. Quanto a secagem das amostras a literatura apresenta opiniões diversas: Segundo BUOL e FADNESS (1961) as amostras devem ser secadas em estufa a 105-110°C por 24 horas, entretanto, para MOTUZOV e outros (1970) a secagem ao ar permite uma impregnação eficiente tornando desnecessária a secagem em estufa;
- b) . Em seguida as amostras são transferidas para o dessecador e submetidas a vácuo de 25-27 polegadas de Hg, por no mínimo 0,5 hora;
- c) . Preparação do líquido impregnante: Para cada 100 ml da resina acrílica adiciona-se cerca de 3g de peróxido de benzoíla. Esta mistura é normalmente feita 48 horas antes e conservada em temperatura ambiente;
- d) . Transfere-se a mistura para o funil de separação adaptado ao dessecador;
- e) . Sob vácuo constante, vagarosamente, deixa-se fluir o líquido

- do no recipiente da amostra, com o cuidado de não derramá-lo diretamente sobre a amostra;
- f) . As amostras devem permanecer no vácuo, no mínimo por 0,5 hora. Em seguida, vagarosamente, deixa-se o ar penetrar no dessecador;
 - g) . Os recipientes contendo as amostras são retirados do dessecador, tampados e colocados na estufa, em banho-maria, a 36-39°C, aí permanecendo até completo endurecimento da resina.

3.2.4. Obtenção de Seções Delgadas

Das amostras impregnadas foram obtidas seções delgadas horizontais ou seja paralelas à superfície do solo, de acordo com o método descrito por CAMPOS, PERECIN e BORDUCHI (1972):

- a) . Com auxílio de uma serra de diamante obtêm-se blocos de alguns milímetros de altura;
- b) . Uma das faces deve ser lixada até se obter uma superfície plana e lisa. Para tanto empregam-se abrasivos, dentre estes o mais comum é o carborundum (por exemplo na sequência: 400, 600, 1000 e 1200). O polimento final, muito delicado, é realizado sobre placa de vidro. Como lubrificantes utilizam-se óleo nujol para amostras impregnadas com "dammara" e querosene para amostras impregnadas com acrílico;
- c) . A face polida é colada em lâmina de vidro própria para microscopia utilizando "Lakeside 70";
- d) . Inicia-se o desgaste sobre a face livre do bloco até atingir a espessura de 25 a 30 micros, própria para observações sob o microscópio polarizante. Durante a fase final de lixação, sobre placa de vidro, é necessário um controle a fim de manter uma espessura constante e não ultrapassar a desejada. Esse controle é feito sob microscópio polarizante em função da cor de interferência dos grânulos de quartzo;

e) : Finalmente, sobre a seção delgada, cola-se a lamínula utilizando-se bálsamo do Canadá.

As seções delgadas, assim obtidas, são paralelas uma às outras e dispostas horizontalmente. No quadro II apresenta-se a distribuição das seções delgadas; encontram-se protocoladas de acordo com o nome da série de solo, do horizonte e da profundidade em que foram retiradas.

3.2.5. Exame das Seções Delgadas

Esse exame foi realizado exclusivamente por via microscópica. Utilizou-se como aumento base a ocular de 8,0x e a objetiva de 10,0x e como aumentos auxiliares as objetivas de 3,2x, 45,0x e 63,0x.

A seguir, descreve-se a metodologia utilizada particularmente para cada característica micromorfológica estudada.

Esgueleto Mineral: Foram identificados, segundo suas propriedades óticas, ROGERS e KERR (1933), grânulos minerais que ocorrem nas seções delgadas dos 34 horizontes estudados.

Fábrica do Solo: Foi determinada a fábrica representativa para cada um dos horizontes. A fábrica do solo foi avaliada em função da relação do plasma com o esqueleto e a nomenclatura adotada foi a de BREWER (1964).

Fábrica do Plasma: Foi determinada a fábrica representativa para o plasma de cada um dos horizontes. Para essa determinação foram utilizados altos aumentos no microscópio e alta intensidade de luz. A nomenclatura adotada foi a de BREWER (1964).

Argila Iluviada: Foi determinada a presença ou ausência de cutãs iluviais em cada um dos horizontes. Na descrição desses constituintes adotou-se a nomenclatura de BREWER (1964). Em alguns horizontes determinou-se, com auxílio da ocular de integração, o volume de argila iluviada. Para esse fim, utilizou-se

Quadro II - Distribuição das seções delgadas

Nº do Horizonte	Série do Solo	Horizonte	Profundidade (cm) Horizonte	Profundidade (cm) das Seções Delgadas a Superfície
1	Anhumas	Ap	0-50	20
2	Anhumas	B/C	50-70	51
3	Anhumas	C/R	70-85	75
4	Anhumas	R	85 ⁺	117
5	Cruz Alta	Ap	0-30	9
6	Cruz Alta	A/B	30-60	43
7	Cruz Alta	C _I	60-80	72
8	Cruz Alta	C _{II}	80-110	95
9	Cruz Alta	C _{III}	110 ⁺	152
10	Ibitiruna	Ap	0-15	7
11	Ibitiruna	A ₂	15-30	20
12	Ibitiruna	B ₂₁	30-60	42
13	Ibitiruna	B ₂₂	60-105	83
14	Ibitiruna	B ₃	105-150	121
15	Ibitiruna	C	150 ⁺	197
16	Paredão Vermelho	Ap	0-20	9
17	Paredão Vermelho	A ₃	20-34	28
18	Paredão Vermelho	B ₁	34-54	37
19	Paredão Vermelho	B ₂	54-94	80
20	Paredão Vermelho	B ₃	94-170	146
21	Paredão Vermelho	C	170 ⁺	220
22	Ribeirão Claro	A ₁	0-40	28
23	Ribeirão Claro	C ₁	40-100	75
24	Ribeirão Claro	C ₂	100 ⁺	144
25	Saltinho	Ap	0-25	16
26	Saltinho	A ₁₂	25-50	39
27	Saltinho	A ₃ /B ₁	50-90	70
28	Saltinho	B ₂	90-140	117
29	Saltinho	B ₃	140-180	151
30	Saltinho	C	180 ⁺	229
31	Luiz de Queiroz	Ap	0-15	9, 10, 11
32	Luiz de Queiroz	B ₂₁	15-40	19, 20, 26, 27
33	Luiz de Queiroz	B ₂₂	40-100	44, 45, 67, 76
34	Luiz de Queiroz	B ₃	100-175	145, 147, 151

um total de 1000 pontos e o desvio foi determinado de acordo com as regras e nomograma de PLAS e TOBI (1965).

Glébulas e Pedotúbulos: Foram descritos glébulas, pedotúbulos e pelotas fecais que apresentavam diâmetro maior que 500 micros. O tamanho dos constituintes foi obtido com auxílio da ocular mi crométrica e a nomenclatura adotada foi a de BREWER (1964).

Agregados: Foram determinados tipos e quantidades de agregados presentes.

Porosidade: Foi determinada com a ocular de integração (8,0x) e objetiva de 10,0x. Utilizaram-se para cada horizonte um total de 1000 pontos, de acordo com testes de amostragem apresentados por CAMPOS e PERECIN (1972). O desvio foi determinado de acordo com as regras e nomograma de PLAS e TOBI (1965). A porosidade assim obtida, é representada pela percentagem de impactos ou pontos sobre vazios.

Forma de Vazios: Este levantamento consistiu no reconhecimento de vazios; determinação de sua forma, comparando-a com padrões apresentados por BREWER (1964). Foram observados apenas os vazios que apresentavam circunferência circunscrita (corda maior) maior que 10 micros e que, tocavam segmentos de retas paralelos entre si. Os segmentos foram selecionados pelo "charriot" do microscópio e o comprimento total resultante da soma desses segmentos, para cada lâmina, foi de 100 mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados em 8 subcapítulos a saber: esqueleto mineral, fábrica do solo, fábrica do plasma, argila iluviada, glébulas e pedotúbulos, agregados, porosidade, forma de vazios.

4.1. Esqueleto Mineral

4.1.1. Considerações Gerais

Esqueleto é a parte mais estável do solo. Segundo BREWER (1964) é a fração do solo formada por partículas minerais ou orgânicas com diâmetro superior a 2 micros. A parte mineral é formada principalmente por grânulos. Grânulos, de acordo com BREWER (1964), são fragmentos de minerais ou de rochas, de tamanho areia ou silte; estão excluídos os cristais, os fragmentos orgânicos, os agregados e glébulas. Entretanto, agregados e glébulas podem possuir grânulos em sua composição.

4.1.2. Composição Mineralógica de Grânulos

De uma maneira geral, os minerais encontrados per

tencem ao grupo de minerais estáveis e não se notou diferenças sensíveis entre horizontes. Assim, para maior simplicidade, apresentam-se os resultados referindo-se aos perfis.

4.1.2.1. Perfis desenvolvidos sobre o arenito Botucatu

Quartzo: É o principal componente mineralógico. Segundo levantamento quantitativo realizado com a ocular de integração (CAMPOS e PERECIN, 1972) o quartzo representa, nesses perfis, mais de 90% dos minerais; atingindo em alguns horizontes, 99%. Apresenta-se, no geral, com forma arredondada. Ocorrem inclusões diversas.

Feldspatos: Ocorrem em quantidade variável em todos os horizontes. A percentagem desses minerais, mesmo nos horizontes em que são mais frequentes é inferior a 5%, CAMPOS e PERECIN (1972). A maior quantidade de feldspatos foi encontrada no perfil Anhumas. Segue-se em abundância o Ibitiruna e em 3º lugar o Cruz Alta. Nesses três perfis foram encontrados ortoclase, microclina e em menor quantidade plagioclásios (estes são mais frequentes nos horizontes C/R e R do Anhumas). Ocorrem diversos estágios de decomposição. Particularmente os perfis Anhumas e Ibitiruna apresentam alguns grânulos com aspecto de fibras, o que pode representar uma forma de decomposição de plagioclásios. Nos perfis Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Saltinho observou-se menor quantidade de feldspatos e não se observou plagioclásios.

Minerais Opacos: Ocorrem em todos os horizontes. Nos perfis Anhumas, Cruz Alta e Ibitiruna esses minerais apresentam diâmetros menores que nos outros três perfis. Representam, no geral, menos de 1% dos minerais, CAMPOS e PERECIN (1972).

Turmalinas: Ocorrem em todos os perfis. Predominam formas ovadas, cores verdes e pardas. O diâmetro predominante da seção delgada dos grânulos está em torno de 70 micros.

Zirconita: É, também, um mineral frequente. Predominam formas prismáticas ou esferoidais. É mais frequente nos perfis Anhumas, Cruz Alta e Ibitiruna. No perfil Anhumas é mais frequente que turmalina e predominam diâmetros menores que esta. É menos frequente nos perfis Paredão Vermelho e Ribeirão Claro.

Estauroлита: Menos frequente que os anteriores. Ocorre em formas irregulares e com diâmetros no geral maiores que os de turmalina ou zirconita.

Outros Minerais (não identificados): Ocorrem com frequência baixa.

4.1.2.2. Perfil desenvolvido sobre diabásio (Luiz de Queiroz)

Quartzo: É o principal componente mineralógico. Uma estimativa, realizada com a ocular de integração, mostrou que o esqueleto apresenta um volume 15% na superfície decrescendo até 8% no horizonte B₃. Desse volume, 80 a 90% é quartzo. Os grânulos apresentam-se com diâmetro e arredondamento bastante variáveis. São frequentes grânulos com extinção ondulante.

Minerais Opacos: Muito frequentes neste perfil. Apresentam diâmetros bastante variáveis. Constituem, ao lado do quartzo, a quase totalidade dos grânulos do esqueleto mineral.

Feldspatos: Não ocorrem.

Zirconita e Turmalinas: Ocorrem em frequência baixa. Apresentam-se com arredondamento semelhante ao verificado nos solos arenosos. Turmalinas são mais frequentes que zirconita.

Outros Minerais (não identificados): Ocorrem com frequência baixa.

4.1.3. Discussão

Quartzo nos seis primeiros perfis e quartzo e opa

cos no perfil Luiz de Queiroz constituem praticamente a composição mineralógica do esqueleto dos perfis estudados.

Além do quartzo, os perfis desenvolvidos sobre o arenito Botucatu apresentam feldspatos, opacos, turmalinas, zircônia e estauroлита em pequena percentagem. Estes, excluindo-se os opacos, são mais frequentes que no perfil Luiz de Queiroz.

A quase totalidade dos minerais encontrados pertence ao grupo dos minerais estáveis. Dos minerais menos estáveis encontra-se quantidade variável de feldspatos potássicos nos perfis desenvolvidos sobre o arenito Botucatu e plagioclásios em alguns desses perfis. A percentagem desses minerais mesmo nos horizontes C/R e R do Anhumas, em que são mais frequentes, é inferior a 5%, CAMPOS e PERECIN (1972).

Tanto os plagioclásios como os feldspatos potássicos apresentam-se geralmente com manchas irregulares que se desenvolvem nas clivagens, fissuras e na superfície dos grânulos. Segundo MELFI (1967) essas manchas podem ser interpretadas como gel amorfo e representam o primeiro estágio na transformação do feldspato por ação do intemperismo.

Segundo PARAGUASSU (1968) os minerais em diversos estágios de alteração podem ser destruídos durante o processo de separação granulométrica passando para a fração argila. Esse fato não ocorre quando se utiliza seções delgadas de solos inalterados, indicando ser esse método adequado para o estudo de alteração dos minerais. Além disso, o estudo através de seções delgadas permite levantamentos que fornecem uma idéia da reserva mineral do solo.

4.2. Fábrica do Solo

4.2.1. Considerações Gerais

Fábrica do solo é o arranjo de seus constituintes. Difere do conceito de estrutura do solo pois este con

sidera apenas os agregados, denominados unidades estruturais, enquanto que aquele leva em consideração grânulos, plasma, micro-agregados, glêbulas etc. Entretanto, conforme salienta KUBIENA (1953), na literatura de alguns países o conceito de estrutura do solo é utilizado sinonimamente com o de fábrica do solo.

BENNEMA e col. (1970) observam que os horizontes argílicos apresentam fábrica porfirosquélica enquanto que os óxicos, no geral, intertética.

As observações de ESWARAN (1971) em solos desenvolvidos sobre basalto sugerem que esses solos se tornam mais intertéticos com a evolução e intemperismo.

4.2.2. Morfologia e Terminologia

Referindo-se à relação do plasma com o esqueleto, BREWER (1964) classifica 4 tipos de fábrica do solo.

Porfirosquélica (porfiroskelic) - o plasma aparece como uma massa densa na qual os grânulos estão colocados de maneira semelhante aos fenocristais em uma rocha porfirítica.

Aglomeroplásmica (agglomeroplasmic) - o plasma aparece frouxo nos espaços entre grânulos.

Intertética (intertextic) - os grânulos são ligados por braços de plasma ou embebidos em vazios do s-matriz.

Granular (granular) - não há plasma ou todo o plasma ocorre como feições pedológicas.

Feições pedológicas (pedological features) - são unidades reconhecíveis no solo por diferenciarem-se do material encaixante por qualquer razão, tal como origem (deposição como uma unidade), diferenças na concentração de alguma fração do plasma, ou diferenças no arranjo dos constituintes, BREWER (1964).

4.2.3. Resultados

Perfil Anhumas

- Ap . Porfirosquélica
- B/C . Porfirosquélica
- C/R . Porfirosquélica a aglomeroplásmica
- R . Porfirosquélica a aglomeroplásmica

Perfil Cruz Alta

- Ap . Aglomeroplásmica
- A/B . Porfirosquélica
- C_I . Porfirosquélica
- C_{II} . Porfirosquélica a intertéctica
- C_{III} . Intertéctica

Perfil Ibitiruna

- Ap . Aglomeroplásmica
- A₂ . Aglomeroplásmica
- B₂₁ . Porfirosquélica
- B₂₂ . Porfirosquélica
- B₃ . Porfirosquélica
- C . Porfirosquélica

Perfil Paredão Vermelho

- Ap . Aglomeroplásmica a intertéctica
- A₃ . Intertéctica
- B₁ . Intertéctica
- B₂ . Intertéctica
- B₃ . Intertéctica
- C . Intertéctica

Perfil Ribeirão Claro

- A₁ . Aglomeroplásmica a intertéctica
- C₁ . Aglomeroplásmica a intertéctica
- C₂ . Aglomeroplásmica a intertéctica

Perfil Saltinho

Ap	.	Porfirosquélica
A ₁₂	.	Porfirosquélica
A ₃ /B ₁	.	Porfirosquélica
B ₂	.	Porfirosquélica a intertética
B ₃	.	Intertética
C	.	Intertética

Perfil Luiz de Queiroz

Ap	.	Porfirosquélica a aglomeroplásmica
B ₂₁	.	Porfirosquélica
B ₂₂	.	Porfirosquélica a intertética
B ₃	.	Intertética

A figura 1 mostra uma fábrica porfirosquélica do horizonte B₂₂ e a figura 2 uma fábrica intertética do horizonte B₃ do perfil Luiz de Queiroz.

4.2.4. Discussão

Os horizontes superficiais dos perfis Cruz Alta, Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Luiz de Queiroz apresentam fábrica aglomeroplásmica, ou relacionada a esse tipo. Os outros dois horizontes superficiais (Anhumas e Saltinho) apresentam fábrica porfirosquélica e cutãs iluviais, o que sugere que estes, são horizontes de iluviais expostos à superfície.

Nos horizontes de subsuperfície as fábricas mais encontradas são a porfirosquélica e a intertética. Esses resultados concordam com os obtidos por BENNEMA e col. (1970): horizontes argílicos são porfirosquélicos e óxicos, com frequência, intertéticos. Dos horizontes estudados, os que apresentam cutãs iluviais, em quantidade, mostram fábrica porfirosquélica e, no Luiz de Queiroz esta fábrica está associada com fissuras.

É provável, uma relação entre a fábrica do solo

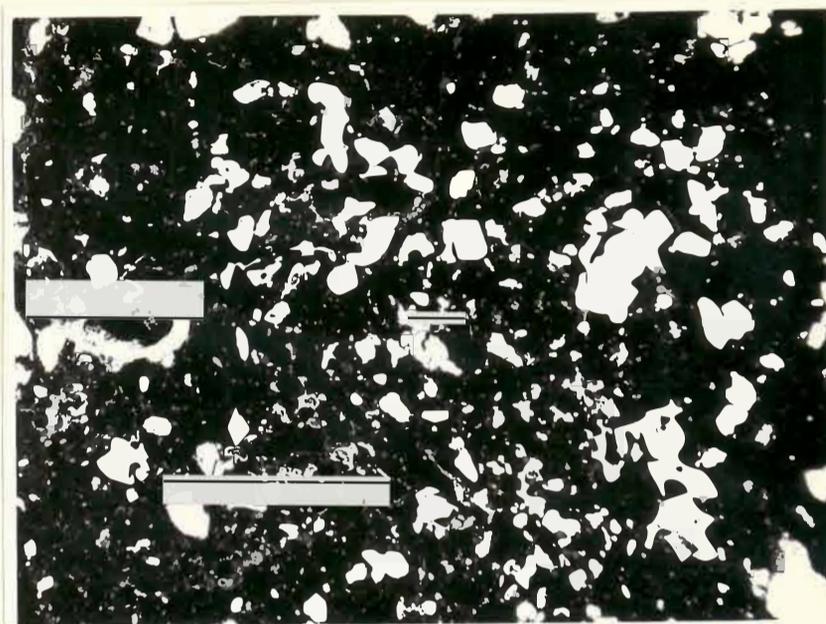


Figura 1.- Fábrica Porfiroscuéllica.

Perfil Luiz de Queiroz, horizonte B₂₂, parte superior; com luz polarizada, sem o analisador, 40,0 x.

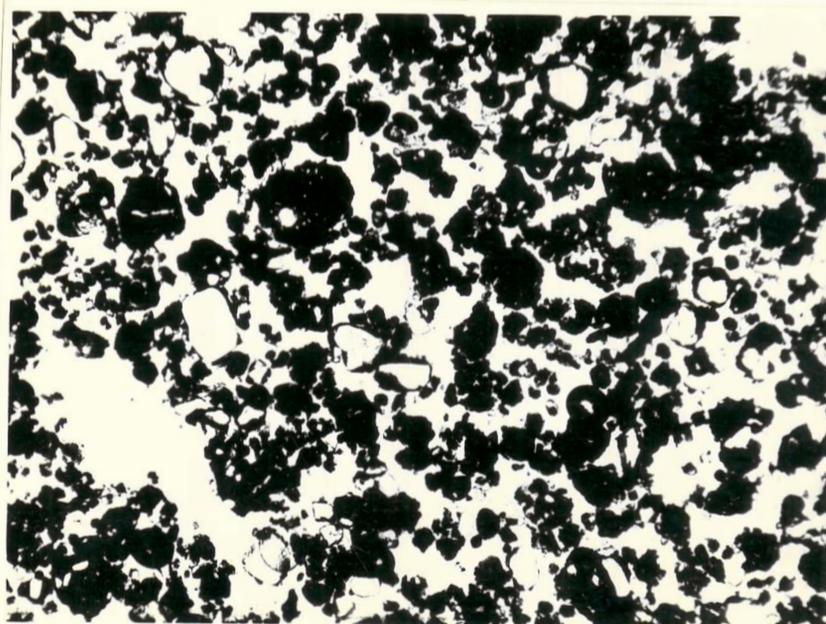


Figura 2 - Fábrica Intertéxtica.

Perfil Luiz de Queiroz, horizonte B₃, com luz polarizada, sem o analisador, 40,0 x.

e a pedalidade. Assim, os horizontes do Luiz de Queiroz, que possuem fábrica porfirosquélica, ao serem submetidos à análise morfológica de estrutura tenderão a quebrar-se segundo as fissuras formando macroagregados poligonais (que são denominados unidades estruturais), enquanto que, os com fábrica intertética tenderão a quebrar-se em microagregados. Por outro lado, essa relação será menos acentuada nos perfis arenosos pois é mais provável a quebra segundo as paredes dos grânulos, não se produzindo agregados.

Assim, os solos argilosos com fábrica intertética possuem estrutura granular e/ou grumosa, dependendo da estabilidade e do arrançamento desses agregados, e os porfirosquélicos uma estrutura mais desenvolvida (blocos, prismática, etc.), dependendo do modelo de distribuição e da quantidade de fissuras.

É de se supor, que a fábrica intertética está presente em horizontes que possuem baixa quantidade de argila dispersa em água (argila natural baixa). Segundo MOURA FILHO e BUOL (1972-b), as camadas superficiais devido a ocorrência natural de ciclos de secamento e molhamento mais frequentes apresentam maior teor de argila natural. Desta forma, é provável, que a fábrica intertética ocorra com maior frequência em horizontes de subsuperfície, o que concorda com os dados obtidos neste trabalho.

4.3. Fábrica do Plasma

4.3.1. Considerações Gerais

A fábrica do plasma é resultante da organização dos constituintes da fração argila do solo, BREWER (1964), RUTHERFORD (1967). A maioria dos constituintes do plasma são anisótropos mas aparecem isotrópicos em seções delgadas se os indivíduos não estiverem óticamente orientados em relação aos seus vizinhos: isso se deve a pequena espessura do grânulo (menos que 2 micros) comparada com a espessura da seção delgada (25-30 mi-

cros), BREWER (1964). Quando os indivíduos tornam-se orientados em relação aos seus vizinhos eles podem comportar-se como unidades óticas e são chamados domínios ("domains"), Aylmore e Quirk (1959), citados por BREWER (1964).

A formação de domínios é muito comum para a maioria dos filossilicatos, pois, orientam-se paralelamente a (001) e passam a comportar-se óticamente como se fossem uma unidade cristalográfica *simples*.

Segundo PAIN (1971) os modelos de extinção e de orientação do plasma são particularmente importantes na diferenciação de muitos solos.

4.3.2. Morfologia e Terminologia

BREWER (1964) classifica a fábrica do plasma em função dos modelos de extinção, do grau de desenvolvimento e da orientação dos domínios birrefringentes. Um resumo desta classificação é apresentado a seguir.

- A. Asépica (asepic) não há domínios com orientação ótica preferencial. Se o solo é argiloso a fábrica do plasma é argilasepica (argillasepic); se há predominância de silte silasepica (silasepic).
- B. Sépica (sepic) são reconhecíveis domínios com orientação ótica preferencial. Pode ser:
- Insépica (insepic) quando os domínios orientados são isolados um dos outros e dispostos sem ordem; as zonas não orientadas predominam.
 - Mosépica (mosepic) é o extremo desenvolvimento da fábrica insépica; as zonas orientadas predominam.
 - Vosépica (vosepic) os domínios orientados estão dispostos paralelamente às paredes dos vazios.
 - Esquelsépica (skelsepic) os domínios orientados se distribuem ao redor de grânulos. Os grânulos ficam com uma auréola orientada.

- Masépica (masepic) os domínios orientados se agrupam segundo direções preferenciais.
 - Latisépica (lattisepic) é um caso particular da masépica em que os domínios apresentam aspecto de "lattice".
 - Omnisépica (omnisepic) os domínios orientados apresentam uma configuração complexa.
- C. Undúlíca (undulic) é um tipo de fábrica em que a orientação das partículas de argila apresenta-se mascarada, geralmente pela grande quantidade de óxidos e hidróxidos de ferro. O plasma é praticamente isótropo a baixo aumento e apresenta-se esmaecido a alto aumento.
- D. Isótíca (isotic) o plasma pode ser isótropo ou opaco.

4.3.3. Resultados

Perfil Anhumas

- Ap . Vo-esquelsépica
- B/C . Esquelsépica
- C/R . Esquel-argilasépica
- R . Argilasépica

Perfil Cruz Alta

- Ap . Esquel-argilasépica
- A/B . Vo-esquelsépica
- C_I . Esquelsépica
- C_{II} . Argila-esquelsépica
- C_{III} . Argila-esquelsépica

Perfil Ibitiruna

- Ap . Esquel-argilasépica
- A₂ . Esquel-argilasépica
- B₂₁ . Vosépica
- B₂₂ . Esquel-vosépica
- B₃ . Vo-esquel-omnisépica
- C . Esquel-omnisépica

Perfil Paredão Vermelho

- Ap . Esquel-argilasépica com tendência undúllica
- A₃ . Esquel-argilasépica com tendência undúllica
- B₁ . Esquel-argilasépica com tendência undúllica
- B₂ . Esquel-argilasépica com tendência undúllica
- B₃ . Esquel-argilasépica com tendência undúllica
- C . Esquel-argilasépica com tendência undúllica

Perfil Ribeirão Claro

- A₁ . Argilasépica com tendência undúllica
- C₁ . Argilasépica com tendência undúllica
- C₂ . Argilasépica com tendência undúllica

Perfil Saltinho

- Ap . Esquel-vosépica com tendência undúllica
- A₁₂ . Vosépica com tendência undúllica
- A₃/B₁ . Vosépica com tendência undúllica
- B₂ . Argila-esquelsépica
- B₃ . Argila-esquelsépica
- C . Esquel-argilasépica

Perfil Luiz de Queiroz

- Ap . Argilasépica com tendência undúllica
- B₂₁ . Vosépica com tendência undúllica
- B₂₂ . Ma-vosépica com tendência undúllica
- B₃ . Masépica com tendência undúllica

4.3.4. Discussão

Fábrica argilasépica ou variantes dessa fábrica ocorrem nos perfis Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e nos horizontes superficiais ou de profundidade dos outros perfis. Tem sido interpretada como uma fábrica pouco desenvolvida, RUTHER - FORD (1967). Segundo BREWER (1964) são formadas pela sedimentação, molhamento do solo, herança ou intemperismo de rochas sedi

mentares. Os dados obtidos neste trabalho concordam com as observações de RUTHERFORD (1967): Fábricas pouco desenvolvidas são mais comuns nos horizontes A e C.

A presença de variantes dessa fábrica em todos os horizontes dos perfis Paredão Vermelho e Ribeirão Claro pode ser devido a efeitos de baixas tensões no perfil que não propiciaram o desenvolvimento de fábricas mais complicadas.

Fábricas sépicas mostraram-se frequentes nos perfis que apresentam iluviação. A deposição de argila iluviada aumenta o potencial de expansão no molhamento e ao mesmo tempo diminui o espaço disponível propiciando o desenvolvimento de fábricas mais complicadas, RUTHERFORD (1967). A fábrica vosépica observada em horizontes do Anhumas, Cruz Alta, Ibitiruna, Saltilho e Luiz de Queiroz é o resultado direto da deposição de argila iluvial. Dependendo da quantidade de material iluviado, a presença do horizonte iluvial pode proporcionar o desenvolvimento de fábricas sépicas no ou nos horizontes imediatamente inferiores. Particularmente a fábrica omnisépica presente nos horizontes B₃ e C do Ibitiruna, pode ser atribuída ao desenvolvimento de pressões e tensões ocasionadas pelos horizontes de acúmulo B₂₁ e B₂₂. Por outro lado, a fábrica masépica, tal como a que ocorre nos horizontes B₂₂ e B₃ do Luiz de Queiroz, é formada quando as tensões e pressões são insuficientes para fraturar o solo e produzir fissuras, BREWER (1964); segundo SLAGER e col. (1970) esse tipo de fábrica predomina em solos velhos.

Nos solos arenosos desenvolvidos sobre o arenito Botucatu a fábrica esquelsépica mostrou-se uma das mais frequentes. Segundo BREWER (1964) é resultante de pressões de expansão, desde que os grânulos oferecem uma superfície sobre as quais as pressões são exercidas. Lafeber (1962), citado por BREWER (1964) sugeriu que fábricas esquelsépicas podem ser explicadas pela rotação e/ou translocação dos grânulos do esqueleto. Nos solos estudados os domínios mostraram-se como auréolas orientadas ao redor dos grânulos de maneira mais ou menos simétrica o que favorece a hipótese de BREWER (1964), pois, no caso de rotação ou translocação é mais provável o desenvolvimento de auréolas assimétricas.

Observou-se nos horizontes do Paredão Vermelho e no B₃ do Luiz de Queiroz a ocorrência de domínios birrefringentes simétricos ao redor de agregados só de plasma. Atribuindo a esses domínios uma origem semelhante a proposta por BREWER (1964) para a fábrica esquelsépica, conclui-se que esses agregados são formados por partículas fortemente unidas e de difícil dispersão para poderem fornecer uma superfície sobre as quais as pressões são exercidas. SOIL SURVEY STAFF (1960) salienta que em horizontes óxicos nem sempre se obtém dispersões completas o que, talvez, possa ser atribuído à presença de agregados desse tipo.

Os perfis Paredão Vermelho, Ribeirão Claro, Sal-tinho e Luiz de Queiroz apresentaram fábrica com tendência undúlica. Dentre os solos estudados, esses perfis são os que apresentam maior quantidade de óxidos de ferro livre, RANZANI e col. (1966), o que concorda com BREWER (1964) que sugere uma relação entre a tendência undúlica e a presença de óxidos de ferro. Observou-se que plasmas com tendência undúlica do perfil Luiz de Queiroz, sob alta luminosidade e alto aumento exibem domínios birrefringentes em quantidade, mesmo em horizontes com fábrica intertética que, conforme já discutimos provavelmente possuem argila floculada. A formação dos domínios birrefringentes requer a argila em estado de desagregação e, provavelmente, é mais eficiente para a argila que se torna dispersa com o umidecimento. Desta forma, é possível que a maior parte dos domínios que se encontram nos horizontes com fábrica intertética tenham se formado em estágios anteriores, quando a argila encontrava-se naturalmente dispersa e o aumento de óxidos de ferro livre, que acompanha o desenvolvimento dos solos provavelmente não conduz à destruição dos domínios birrefringentes anteriormente formados, mas somente promovem seu mascaramento ótico.

4.4. Argila Iluviada

4.4.1. Considerações Gerais

A argila iluviada ocorre na forma de cutãs, de

preenchimento de vazios ou, quando retrabalhada, na forma de neocutãs quasicutãs ou pápulas.

Cutã é a denominação geral, proposta por BREWER (1960), para englobar feições pedológicas associadas a superfícies de constituintes do solo. Segundo BREWER (1964), define-se como qualquer modificação da textura, estrutura ou fábrica sobre superfícies naturais do solo.

Cutãs iluviais, especialmente de argila iluviada, tem sido a característica micromorfológica mais estudada em trabalhos de literatura. Tem sido relacionada a propriedades físicas do solo, Brewer e Blackmore, citado por BREWER (1956); BREWER (1960 e 1964); ALLISON (1968). Tem influência sobre nutrição e desenvolvimento de plantas, SOILEAU e col. (1964); KHALIFA e BUOL (1969). Grande número de autores tem relacionado-a a processos de gênese de solos. Segundo BENNEMA e col. (1970) é a principal diferença micromorfológica entre horizontes óxicos e argílicos.

4.4.2. Morfologia e Terminologia

De acordo com sua natureza as cutãs podem ser classificadas, BREWER (1964), em:

Argilãs: quando formadas predominantemente por minerais de argila. Frequentemente ocorrem ferri-argilãs e organo-argilãs que além de minerais de argila possuem quantidade de óxidos de ferro ou de matéria orgânica, respectivamente.

Ferrãs, Mangãs, Soluãs, Silãs, Esqueletãs quando constituídas predominantemente por óxidos de ferro, óxidos de manganês, sais solúveis, sílica e esqueleto, respectivamente.

4.4.3. Resultados

Perfil Anhumas

- Ap . Ferri-argilãs; frequentes; moderada a forte -
mente orientadas; com espessura de 3 a 10 mi-
cros. Argila iluviada: $(1,3 \pm 0,5)\%$ em volu-
me.
- B/C . Ferri-argilãs; pouco frequentes.
- C/R . Ferri-argilãs; raras.
- R . -

Perfil Cruz Alta

- Ap . -
- A/B . Ferri-argilãs; frequentes; moderada a forte -
mente orientadas; com espessura de 3 a 10 mi-
cros. Argila iluviada: $(1,6 \pm 0,6)\%$ em volu-
me.
- CI . Ferri-argilãs; pouco frequentes.
- CII . Ferri-argilãs; raras.
- CIII . -

Perfil Ibitiruna

- Ap . -
- A₂ . -
- B₂₁ . Ferri-argilãs e organo-argilãs; muito frequen-
tes; moderada a fortemente orientadas; com
espessura de 10 a 60 micros. Parte dessas cu-
tãs apresentam manchas subcutânicas escuras,
provavelmente óxidos de ferro e/ou matéria or-
gânica. Algumas ferrãs, neoferrãs e quasifer-
rãs.
- B₂₂ . Ferri-argilãs; frequentes; fortemente orienta-
das; com espessura de 5 a 20 micros. Estrati-
ficação (camadas claras e escuras); nítida.
- B₃ . Ferri-argilãs; pouco frequentes.
- C . Ferri-argilãs; raras.

(-) = (não tem)

Perfil Paredão Vermelho

- Ap . -
- A₃ . -
- B₁ . Argila iluviada; preenchendo alguns vazios dentro do s-matriz.
- B₂ . Argila iluviada; preenchendo alguns vazios dentro do s-matriz.
- B₃ e C . -

Perfil Ribeirão Claro

- A₁ . -
- C₁ . -
- C₂ . -

Perfil Saltinho

- Ap . Ferri-argilãs; frequentes; moderada a fortemente orientadas; com espessura de 10 a 40 micros.
- A₁₂ . Ferri-argilãs; muito frequentes; fortemente orientadas; com espessura de 10 a 70 micros. Estratificação; muito nítida. Argila iluviada: $(2,2 \pm 0,7)$ % em volume.
- A₃/B₁ . Ferri-argilãs; com características semelhantes as do horizonte anterior.
- B₂ . Ferri-argilãs; raras.
- B₃ . -
- C . -

Perfil Luiz de Queiroz

- Ap . Ferri-argilãs; raras.
- B₂₁ . Ferri-argilãs; muito frequentes; fortemente orientadas; com espessura de 20 a 60 micros; ocorrem principalmente em fissuras. Estratificação; muito nítida
- B₂₂ . A parte superior desse horizonte apresenta ferri-argilãs muito semelhantes as do horizonte superior.
- B₃ . -

As figuras 3 a 7 apresentam microfotografias de cutãs.

4.4.4. Discussão

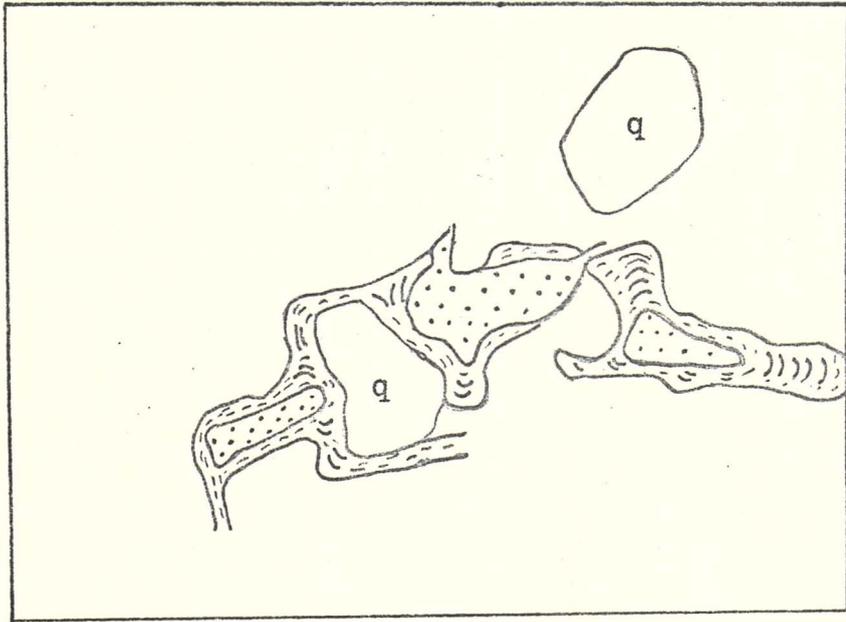
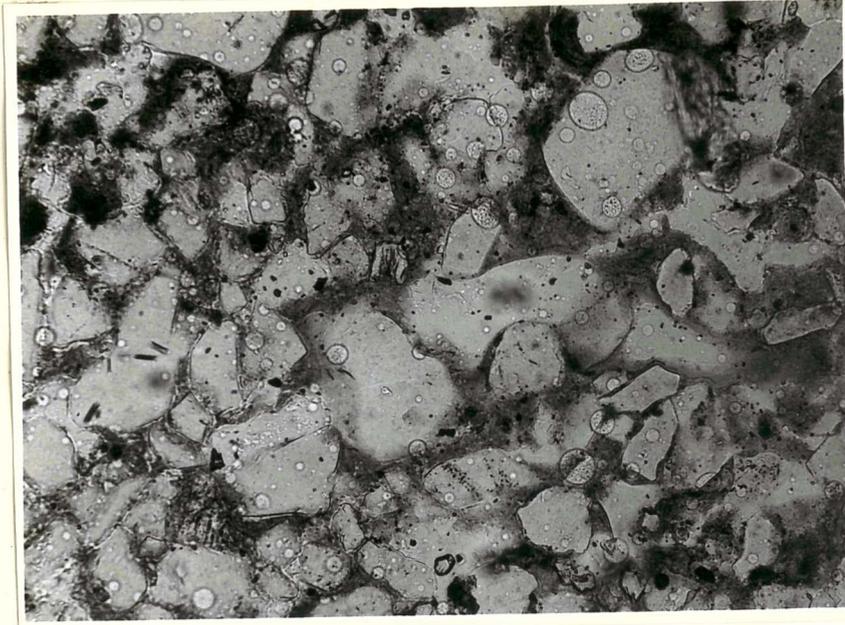
4.4.4.1. Ocorrência e caracterização

Foram observadas ferri-argilãs em maior quantidade nos horizontes B₂₁ e B₂₂ do Ibitiruna, nos horizontes B₂₁ e B₂₂ do Luiz de Queiroz e nos horizontes Ap, A₁₂ e A₃/B₁ do Saltinho. Em menor proporção ocorrem nos horizontes Ap do Anhumas e no A/B do Cruz Alta.

O horizonte Ap do Anhumas apresenta uma percentagem de 1,3%. Teoricamente, de acordo com PLAS e TOBI (1965), em virtude do erro envolvido no contador de pontos a percentagem real, com 95% de probabilidade, estará entre 0,8 e 1,8%. Desta forma é provável que a percentagem real mostre-se maior que 1% e, então, de acordo com a SOIL SURVEY STAFF (1967), esse horizonte pode apresentar o mínimo de argila iluviada para ser considerado argílico.

As ferri-argilãs do Anhumas, Cruz Alta e Ibitiruna são pardo amareladas enquanto que as do Saltinho e Luiz de Queiroz são avermelhadas o que possivelmente pode ser atribuído a um maior teor de óxidos de ferro. Esses dois últimos perfis são mais ricos em óxidos de ferro livre, RANZANI e col. (1966).

Nos perfis arenosos foram observadas ferri-argilãs entre grânulos e em vazios de qualquer tipo enquanto que no perfil Luiz de Queiroz localizam-se, em maior quantidade, nas paredes das fissuras. Isto sugere que em solos arenosos a percolação realiza-se por qualquer tipo de vazio enquanto que nos argilosos preferencialmente pelas fissuras. Segundo MILLER e col. (1971) a formação de cutãs nas paredes das fissuras é uma indicação de que estas são formadas cedo em pedogênese.



1



2



3

Figura 3 - Perfil Ibitiruna, horizonte B₂₁, com luz polarizada, sem analisador, 80,0 x.

- 1 . Cutãs iluviais (ferri-argilãs). Observa-se o baixo grau de separação em relação ao s-matriz o que dificulta o reconhecimento sem nicóis cruzados.
- 2 . vazio,
- 3 . s-matriz (q = quartzo). A fábrica do solo é porfiroscélica.

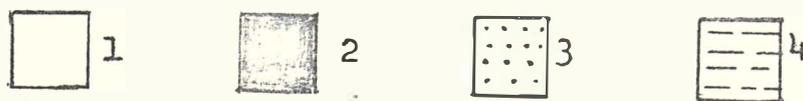
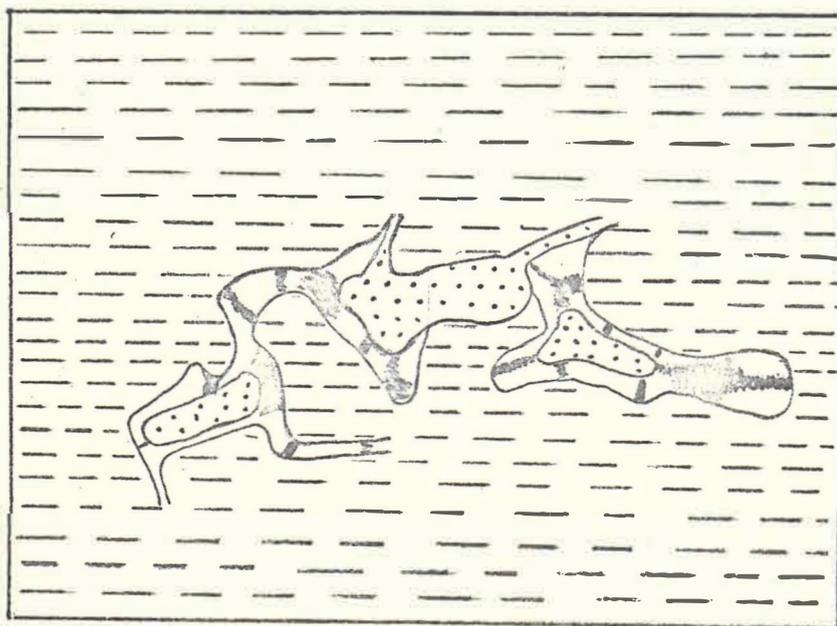
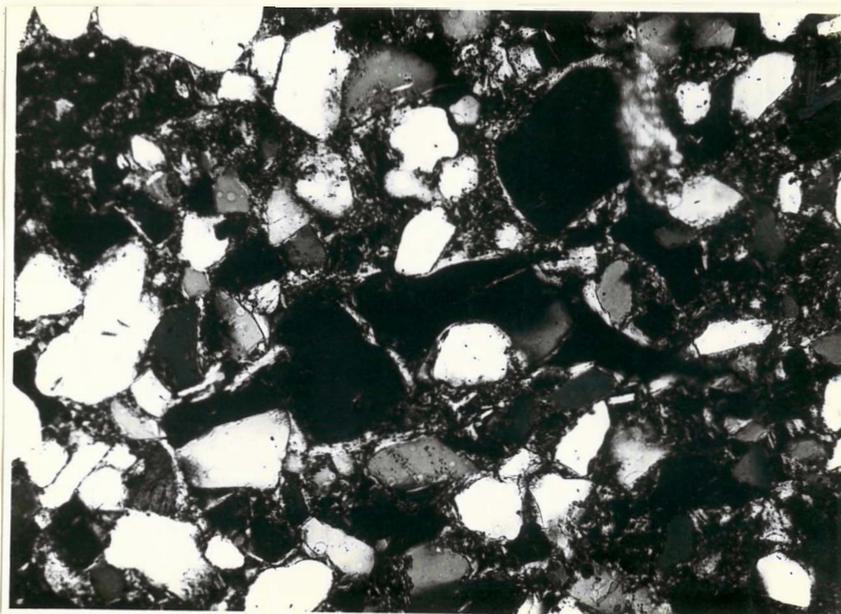
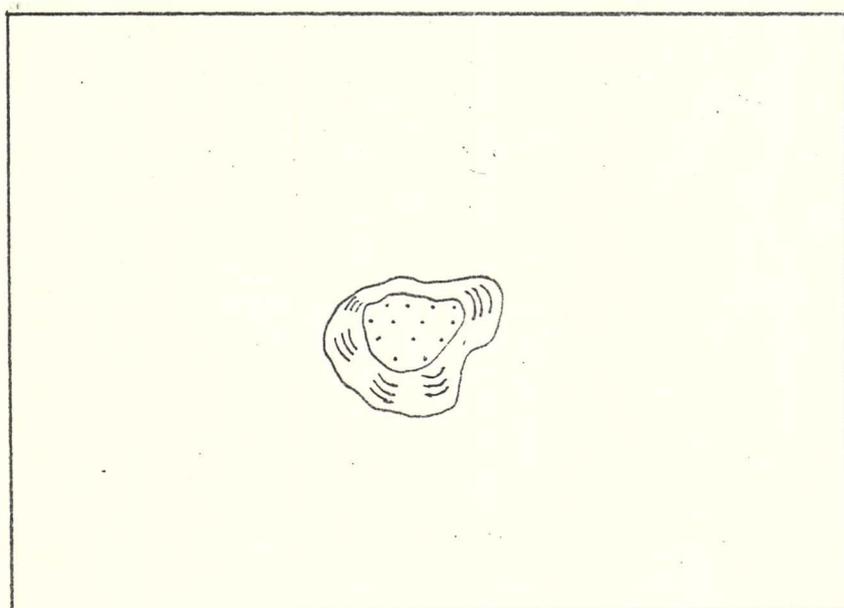
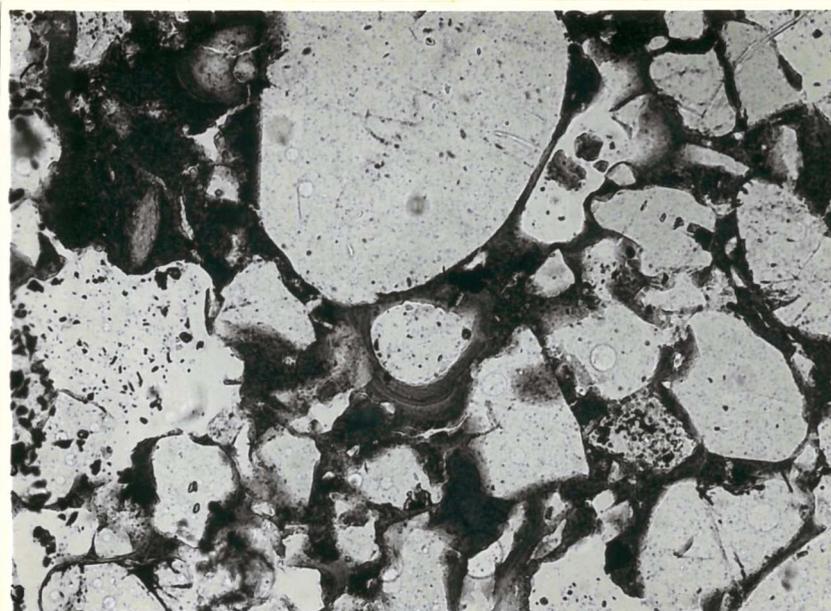
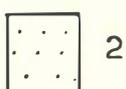


Figura 4 - Mesma microfotografia anterior, com nicóis cruzados.

- 1 . Cutãs iluviais,
- 2 . essas zonas escuras representam locais em que um conjunto de partículas de minerais de argila estão com o plano (001) paralelo à direção de vibração do polarizador ou do analisador,
- 3 . vazio,
- 4 . s-matriz.



1



2



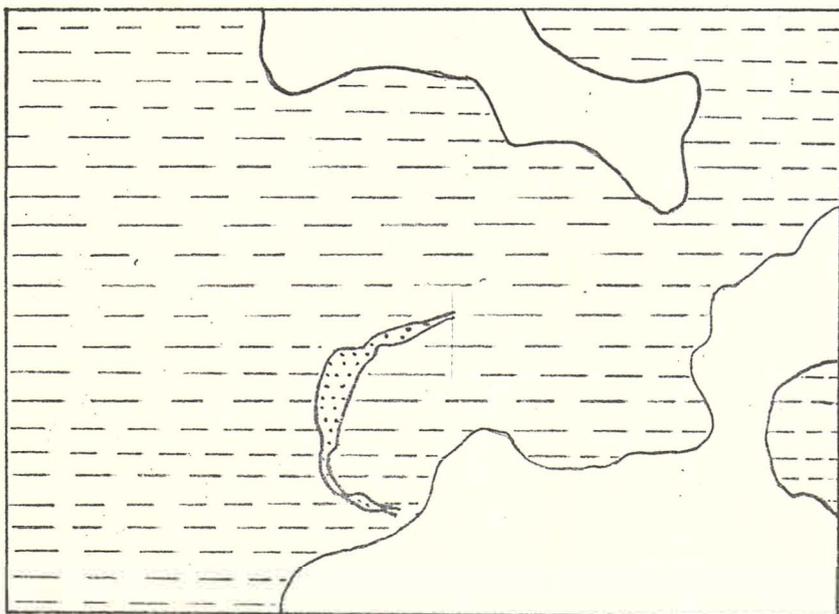
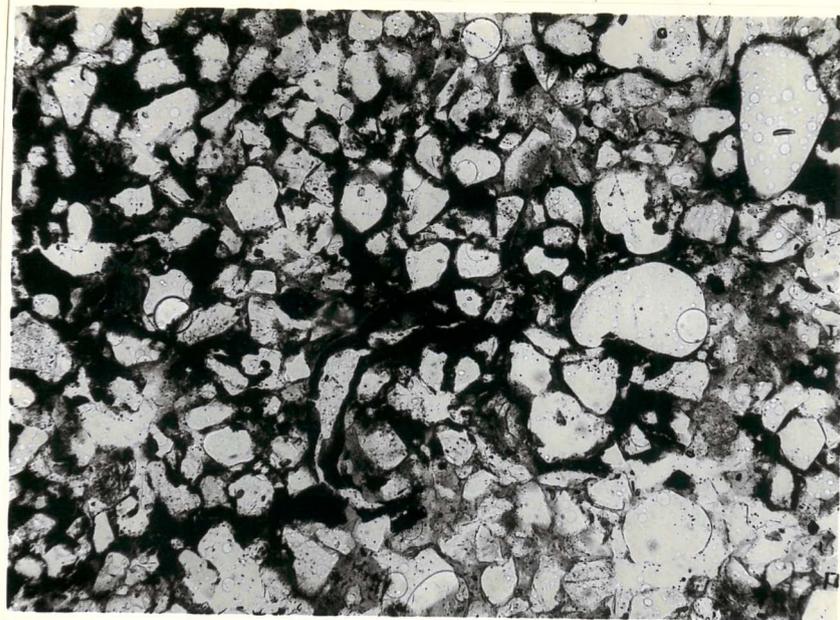
3

Figura 6 - Perfil Saltinho, horizonte A_{12} , com luz polarizada, sem o analisador, 100,0 x.

1 . Cutãs iluviais (ferri-argilãs). Observa-se um grau de separação moderado em relação ao s-matriz. A estratificação é nítida,

2 . vazio,

3 . s-matriz.



1



2



3

Figura 7 - Perfil Ibitiruna, horizonte B₂₁, com luz polarizada, sem o analisador, 30,0 x.

- 1 . Essas zonas escuras são devidas a precipitações de óxidos de ferro. Algumas ferrãs são nítidas (2), mas o óxido de ferro penetra também no s-matriz formando neocutãs ou quasisicutãs,
- 2 . vazio com ferrãs em suas paredes,
- 3 . s-matriz (normal).

Tanto nos solos arenosos como no argiloso a distribuição das cutãs não se mostrou uniforme por toda a seção delgada mas concentrada em áreas casualmente distribuídas, sugerindo que as translocações da solução se dá por caminhos preferenciais. Observação semelhante foi efetuada por GROSSMAN e FEHRENBACHER (1971).

As ferri-argilãs e organo-argilãs mostraram estratificação, exibindo camadas de cor mais claras alternadas com camadas mais escuras. As diversas camadas escuras, com exceção de algumas cutãs do horizonte B₂₁ do perfil Ibitiruna, mostraram semelhança em sua espessura o que sugere que foram formadas sob ciclos de iluviação semelhantes e que os vazios em que estão depositados são relativamente permanentes.

O perfil Paredão Vermelho mostrou em seus horizontes B₁ e B₂, argila iluviada preenchendo vazios dentro do s-matriz. Isto sugere que em tempos passados houve, neste perfil, iluviação de argila e formação das cutãs. Posteriormente grande parte dessas cutãs foi destruída permanecendo somente a argila iluviada que se encontrava protegida dentro do s-matriz. A destruição de cutãs tem sido discutida em literatura. GILE e GROSSMAN (1968) citam alterações provocadas nas cutãs pela acumulação de carbonatos, ação de raízes, fauna e flora. BENNEMA e col. (1970) admitem a destruição de ferri-argilãs em um dos perfis estudados; citam, também, que a destruição de ferri-argilãs tem sido constatada em ferrissolos e ferralsolos do Congo. SOIL SURVEY STAFF (1960); ESWARAN (1971); MOURA FILHO e BUOL (1972-a), também citam a destruição de ferri-argilãs.

4.4.4.2. Gênese e orientação

Para eluviação e formação de cutãs orientadas há necessidade da argila estar dispersa na solução, BREWER e HALDANE (1957), STEPHEN (1960), GILE e GROSSMAN (1968). Possivelmente compostos orgânicos tem grande influência na movimentação da argila e formação das cutãs, SOIL SURVEY STAFF (1960). Segundo KHALIFA e BUOL (1968) é a argila mais fina do horizonte eluvial que irá movimentar-se e constituir as cutãs.

Segundo McCALÉB (1954), SOIL SURVEY STAFF (1960), STEPHEN (1960), BREWER (1964) os minerais de argila iluviados depositam-se com o plano dos maiores eixos físicos, ou seja (001), paralelo à parede do vazio. Haloisita e alofana são as principais exceções. Há diferenças também quanto ao tamanho dos minerais; minerais maiores como caolinita, illita, clorita orientam-se mais eficientemente que minerais menores como a montmorillonita, Meade (1960), citado por BREWER (1964).

Segundo McCALÉB (1954) forças de tensão superficial colaboram para causar a orientação observada. Segundo SOIL SURVEY STAFF (1960) a orientação é devida a filtragem da água de percolação dos vazios não capilares para os vazios capilares. Para ESWARAN (1971) a orientação é devida a processos de secamento.

Sob nicóis cruzados as cutãs orientadas se extinguem quando a direção de vibração do polarizador ou do analisador estiver paralela à superfície sobre que os minerais de argila estão depositados. Essa superfície determina o modelo de extinção (faixas, linhas, etc.) das cutãs orientadas, pois, como consequência das constantes óticas das partículas individuais (2 índices de refração principais aproximadamente iguais e maiores que o terceiro) e da deposição paralela a (001), a direção de vibração do raio lento (na grande maioria das seções delgadas) será paralela à parede da superfície sobre que estão depositados. Nos casos em que as cutãs orientadas são seccionadas paralelamente à superfície sobre que estão depositados não se terá o modelo de extinção anteriormente referido.

Como consequência do modelo de orientação e do índice de refração menor, praticamente perpendicular a (001), torna-se pouco provável a predominância de cortes paralelos ao referido plano. Em função disso, em qualquer seção delgada (horizontal, vertical ou inclinada em relação à superfície do solo) haverá semelhança dos fenômenos óticos apresentados pelas cutãs.

4.5. Glébulas e Pedotúbulos

4.5.1. Considerações Gerais

A denominação de glébulas foi proposta por BREWER e SLEEMAN (1964) e de pedotúbulos por BREWER e SLEEMAN (1963). São descritos também por BREWER (1964).

Glébulas são entidades situadas no s-matriz, compreendem unidades com fábrica diferente daquela normalmente apresentada pelo solo, BREWER (1964).

Pedotúbulos são entidades formadas pelo preenchimento parcial ou total de tubos (canais) e geralmente possuem formas tubulares, BREWER (1964).

São constituintes formados por origens diversas e apresentam como resultado grande variedade de formas estruturais. Tem sido estudados e apresentados em literatura por métodos e denominações diversas: nódulos, concreções, túbulos, corpos concrecionários, nódulos terrosos, além de outras, são denominações frequentes.

4.5.2. Morfologia e Terminologia

Em resumo, a classificação de BREWER (1964) é a seguinte:

A. Glébulas (glaebules)

- Nódulos (nodules) possuem fábrica interna não diferenciada.
- Concreções (concretions) possuem fábrica interna concêntrica a partir de um ponto ou plano central.
- Septárias (septarias) possuem fábrica interna radial.
- Pedodos (pedodes) possuem um vazio central que pode ou não conter cristais.
- Pápulas (papules) são glébulas constituídas principalmente por minerais de argila. Possuem fábrica interna, normalmente lamelar ou uniforme.

B. Pedotúbulos (pedotubules)

- Granotúbulos (granotubules) formados somente por grânulos.
- Isotúbulos (isotubules) formados por grânulos e plasma.
- Agrotúbulos (aggrotubules) formados por agregados.
- Estriotúbulos (striotubules) esqueleto e plasma apresentam orientação em relação às paredes externas do pedotúbulo.

4.5.3. Resultados

Perfil Anhumas

- Ap . -
- B/C . Concreção (0,6 x 0,4 mm); com grânulos cimentados por pouco plasma; não zonada.
- C/R . -
- R . -

Perfil Cruz Alta

- Ap . -
- A/B . Concreção (0,5 mm); com grânulos cimentados por plasma mais escuro que o s-matriz; não zonada.
- C_I . Concreção (0,9 x 0,7 mm); semelhante à anterior. (1,7 x 1,0 mm); com grânulos; plasma escuro; provavelmente pelota fecal.
- C_{II} . -
- C_{III} . -

Perfil Ibitiruna

- Ap . -
- A₂ . -
- B₂₁ . Ocorrem pequenas áreas (até 5 mm de diâmetro) com plasma escuro entre o esqueleto. Aparentemente possam interpretados como nódulos em formação.
- B₂₂ . -
- B₃ . -
- C . -

Perfil Paredão Vermelho

- Ap . Agrotúbulo (4 mm); constituído por pelotas fe-
cais com plasma mais escuro que o s-matriz.
- A₃ . -
- B₁ . (2 mm); com plasma mais escuro que o s-matriz;
com grânulos; provavelmente pelota fecal.
- B₂ . (1 a 5 mm); com características semelhantes
ao do horizonte anterior.
- B₃ . -
- C . -

Perfil Ribeirão Claro

- A₁ . (1,5 x 1,0 mm); com grânulos; plasma mais es-
curo que o s-matriz; provavelmente pelota fe-
cal.
- C₁ . (2,3 x 1,8 e 1,8 x 0,7 mm); semelhantes à an-
terior.
- C₂ . (0,9 mm); semelhante à anterior.

Perfil Saltinho

- Ap . Nódulos pretos (2,0 x 1,0 e 0,5 x 0,2 mm); com
grânulos; provavelmente ferri-mangânicos; bem
contornados.
(1,4 x 1,1 mm); com grânulos cimentados por
plasma mais escuro que o s-matriz; provavel-
mente pelota fecal.
- A₁₂ . Nódulo (2,7 mm); com grânulos cimentados por
plasma mais escuro que o s-matriz; possui ar-
gila iluviada; corresponde aos nódulos "soil
fabric" de BREWER (1964).
Nódulos pretos (2,8 x 1,1 e 0,5 mm); com grâ-
nulos; provavelmente ferri-mangânicos; bem con-
tornados.
(1,6 mm); com grânulos cimentados por plasma
mais escuro que o s-matriz; provavelmente pe-
lota fecal.

- A₃/B₁ • Nódulos pretos (0,5 a 1,0 mm); com grânulos; provavelmente ferri-mangânicos; bem contornados.
- B₂ • -
- B₃ • -
- C • -

Perfil Luiz de Queiroz (observação em várias seções delgadas)

- Ap • Nódulos pretos (em torno de 1 mm); com e sem grânulos; provavelmente ferri-mangânicos; bem contornados.
Nódulos com cores amarelada a vermelha, as vezes com manchas pretas (0,05 a 1 mm); com e sem grânulos; associados ou não com argila iluviada; fábrica undúlica a inundúlica; geralmente bem contornados; provavelmente predominam óxidos de ferro.
Concreção (3 x 2 mm); com grânulos cimentados por plasma semelhante ao do s-matriz; não zonada.
(0,5 - 5,0 mm); grânulos e plasma semelhante ao s-matriz; provavelmente isotúbulos, pelas feccais.
- B₂₁ • Nódulos pretos; semelhantes aos do horizonte anterior.
Nódulos com coloração parda amarelada, vermelhos ou manchados; possuem características semelhantes aos do horizonte anterior.
(0,5 - 5,0 mm); grânulos e plasma semelhantes ao s-matriz; provavelmente isotúbulos, pelas feccais.
- B₂₂ • Nódulo (1,2 x 0,8 mm); constituído predominantemente por quartzo; características que sugerem pseudomorfose.
A parte superior desse horizonte apresenta constituintes semelhantes ao horizonte B₂₁ e a parte inferior ao B₃.

- B₃ • Nódulos com cores parda amarelada, vermelhos ou manchados (0,5 a 2,0 mm); são mais frequentes que nos horizontes anteriores; apresentam características semelhantes às descritas para os horizontes anteriores.
(1,0 a 7,0 mm); grânulos cimentados por plasma no geral mais escuro que o s-matriz; provavelmente isotúbulos, pelotas fecais. Alguns isotúbulos apresentam-se com características semelhantes as do s-matriz dos horizontes superiores.

4.5.4. Discussão

4.5.4.1. Pedotúbulos e pelotas fecais

A interpretação dos pedotúbulos é geralmente aceita como sendo resultado do preenchimento de buracos produzidos pela fauna, com materiais, no geral, de horizontes do próprio perfil, BREWER e SLEEMAN (1963). A fauna atua promovendo escavações, possibilitando ou mesmo transportando material de um horizonte para outro, frequentemente deixando excreções.

As características dos pedotúbulos dos horizontes B₂₂ e B₃ do perfil Luiz de Queiroz sugerem que são o resultado do preenchimento de vazios com materiais dos horizontes superiores. Os pedotúbulos destacam-se nesses horizontes, os quais possuem fábrica diferente dos horizontes superiores.

Nos perfis desenvolvidos sobre o arenito Botucatu os pedotúbulos só se destacam quando possuem pelotas fecais, pois, em virtude do caráter arenoso e semelhança de todos os horizontes, torna-se difícil reconhecer o remanejamento de materiais. Pedotúbulos como resultado do caminhamento de animais e posterior preenchimento ocorrem, também, no próprio arenito Botucatu, PARAGUASSU (1968).

As pelotas fecais geralmente ocorrem em agrotúbulos ou vazios. Ocorrem como pelotas simples ou em todos os es-

tágios de soldadura. A sua ocorrência e também a de pedotúbulos é uma indicação do papel da fauna do solo na pedogênese.

4.5.4.2. Glébulas

A formação de concreções, de acordo com BREWER (1964), TSELISHCHEVA (1968) ocorre quando condições de oxidação alternam condições de redução. Quanto mais evidente essa alternância mais isolada se torna a concreção, TSELISHCHEVA (1968). A formação de concreções possivelmente não é um processo importante nos solos estudados.

Os nódulos mostraram-se mais frequentes que as concreções. Ocorrem com maior frequência no perfil Luiz de Queiroz o qual apresenta maior teor de óxidos de ferro, RANZANI e col. (1966). Provavelmente são nódulos ferruginosos ou ferri-mangânicos. Segundo BREWER (1964) a coloração preta se deve provavelmente a óxidos de manganês.

A interpretação da origem dos nódulos geralmente tem sido atribuída a fenômenos ligados a movimentação do ferro. A movimentação dos óxidos de ferro e de minerais de argila nem sempre se dá ao mesmo tempo. Segundo TSELISHCHEVA (1968) o ferro move-se primeiro, não sendo forçadamente carregado para fora do horizonte, parte é distribuído dentro do próprio horizonte concentrando-se em concreções, nódulos e outras formações. Segundo RUTHERFORD (1967) precipitações de óxidos de ferro são mais intensas onde o movimento de água exerce maior influência, o que faz com que a maior quantidade de glébulas ocorra em profundidades diferentes conforme a drenagem do perfil, PHILLIPPE e col. (1972).

No perfil do solo a movimentação do ferro, de acordo com MELFI (1967), se dá sob condições redutoras. Sob condições artificiais, JEANSON (1967) verificou que a presença de umidade e matéria orgânica provoca uma rápida transformação do ferro para a forma ferrosa, tornando-o móvel. Em contacto com vazios (galerias) o ferro transformava-se em ferro-férrico e

perdia a sua mobilidade. Sob essas condições aos 3 meses haviam se formado concentrações subcutânicas ao redor dos vazios e aos 18 meses essas formações eram maiores e, haviam se formado, também, nódulos ferruginosos.

Durante o transporte do ferro são formadas concentrações subcutânicas ao longo de canais e outros vazios e há possivelmente enriquecimento dos nódulos e outros constituintes já formados. Segundo SLAGER e col. (1970) durante o período de seca seguinte as formas amorfas de ferro tendem a cristalizar-se em goetita ou hematita em função da intensidade da secagem.

Movimentos de contração e dilatação do solo, além de outras alterações podem provocar a quebra de formações cutânicas ou subcutânicas e a formação de glébulas. Esse tipo de origem explica a presença de argila iluviada dentro dos nódulos, encontrados nos perfis estudados.

Nos perfis estudados só se constatou, a ocorrência de precipitações de óxidos de ferro nas paredes de vazios, no perfil Ibitiruna (figura 7). Essas precipitações, que podem dar origem a nódulos, provavelmente se formaram por processo semelhante ao descrito por JEANSON (1967).

Segundo SLAGER e col. (1970) os nódulos ferruginosos com o decréscimo do valor "N", definido pela SOIL SURVEY STAFF (1967), tendem a passar de muito difusos, coloração amarelo-alaranjada e com plasma undúlico para nódulos bem contornados de coloração marrom escura ou vermelha e plasma inundúlico. Nódulos do perfil Luiz de Queiroz, principalmente do horizonte B₃, são bem contornados. Embora as vezes possuam argila orientada idêntica à iluviada, não estão associados com iluviação atual, o que sugere serem produtos de pedogênese antiga. Possuem características micromorfológicas que, segundo SLAGER e col. (1970), são típicas de solos velhos.

4.6. Agregados

4.6.1. Considerações Gerais

Segundo BREWER (1964), agregado (ped) é uma unidade natural formada por um aglomerado de partículas elementares. É individualizado pela ocorrência de superfícies de enfraquecimento, que são vazios naturais, ou pela ocorrência de cunhas.

Estudos da forma, tamanho e arranjo de agregados diz respeito ao conceito de pedalidade de BREWER (1964) ou de estrutura do solo segundo o conceito mais utilizado por morfologistas de solos.

Segundo BENNEMA e col. (1970) os horizontes óxicos têm, normalmente, estrutura grumosa ou granular em contraste com os argílicos que possuem estrutura em blocos subangulares ou, ausência de agregados.

4.6.2. Morfologia e Terminologia

Adotou-se o seguinte critério de identificação de agregados, nas seções delgadas observadas.

- a) . "Tipo A" - Constituídos por pequenos agregados de plasma ligados a outros agregados semelhantes e/ou a grânulos. Resultam agregados porosos.
- b) . "Tipo B" - Agregados normalmente equidimensionais. São de tamanho pequeno (figura 2) e não são porosos. Possivelmente formados por floculação do plasma ao redor de grânulos, pequenos agregados e outros materiais.
- c) . "Tipo C" - Agregados normalmente poligonais (angulares, subangulares), individualizados principalmente por fissuras. Provavelmente resultam da contração de volume do solo.
- d) . "Tipo D" - Agregados individualizados por qualquer tipo de superfície de enfraquecimento. Possuem forma e tamanho variável e não se enquadram nas características dos anterior-

res. Provavelmente resultam da cimentação de grânulos e plasma por agentes diversos.

4.6.3. Resultados

Os 6 perfis desenvolvidos sobre o arenito Botuca tu apresentam pequena proporção de agregados. Em resumo tem-se:

- a) . Para os horizontes com fábrica intertética: Maior proporção de agregados "Tipo B", com menor frequência agregados "Tipo A" e "Tipo D".
- b) . Para horizontes com outras fábricas: A proporção de agregados chega a ser tão pequena que algumas seções delgadas apresentam ausência de agregados. Os agregados que ocorrem são "Tipos C" e/ou "D".

Esses perfis arenosos diferem do perfil Luiz de Queiroz onde a presença de agregados em todos os seus horizontes é um caráter dominante.

A seguir são apresentadas algumas considerações sobre os principais agregados dos horizontes desse perfil:

- Horizonte Ap . Ocorrem agregados "Tipo D", "C" e "B".
Tamanho: variado.
- Horizonte B₂₁ . Predominam agregados "Tipo C", muitos deles são individualizados por fissuras e/ou cutãs iluviais. Também ocorrem agregados "Tipo B".
Tamanho: variado.
- Horizonte B₂₂ . A parte superior desse horizonte apresenta agregados com características do B₂₁ e na parte inferior predominam agregados com características do B₃.
Nesse horizonte ocorre uma mudança gradual, com a profundidade, das características do B₂₁ para o B₃.

Horizonte B₃ • Predominam agregados do "Tipo B" com diâmetros menores que 300 micros. Também ocorre "Tipo A" e "D".

4.6.4. Discussão

Observa-se no perfil Luiz de Queiroz diferenças entre os agregados do horizonte B_{2l} (porfirosquélica) e o horizonte B₃ (intertéctica). Caráter semelhante é descrito por BEN NEMA e col. (1970) para o perfil SP 31 (COMISSÃO DE SOLOS, 1960), que é uma Terra Roxa Estruturada. Aqueles autores classificam a pedalidade do horizonte B₃ como "grumos muito finos e blocos subangulares, fracos" e do horizonte B_{2t} como "blocos subangulares muito finos, moderado-forte".

A formação de agregados "Tipo A" e "B" provavelmente está na dependência de argila floculada e pouco expansível. Os agregados "Tipo A" são ligados por pontes de plasma aparentemente estáveis nas condições do perfil, pois, mantém a fábrica intertéctica com alta porosidade. São porém extremamente frágeis em relação à destruição mecânica.

Agregados "Tipo C" são normalmente maiores que os demais. Apresentam internamente fábrica porfirosquélica e são pouco porosos. A ocorrência desses agregados depende grandemente da formação de fissuras.

Por sua vez, a ocorrência, estabilidade em água e resistência mecânica dos agregados "Tipo D" deverá ser variável em função do agente cimentante.

Sugere-se, portanto, que análises físicas de estabilidade de agregados acompanhadas de análises micromorfológicas conduzirão a detalhes que permitirão uma melhor compreensão dos processos de formação e estabilização de agregados.

4.7. Porosidade

4.7.1. Considerações Gerais

A determinação do volume de constituintes, através da aplicação de técnicas microscópicas, vem despertando interesse dos pedologistas.

Diversos são os métodos de determinação de constituintes por via microscópica, mas todos eles são baseados em cálculos estatísticos e conduzem a resultados semelhantes, CHAYES (1956), MANDARINO (1956), ANDERSON e BINNIE (1961), CAMPOS e PEREIRA (1972).

O erro envolvido normalmente é menor que 2 ou 3%, ANDERSON e BINNIE (1961), PLAS e TOBI (1965).

Quando o único propósito é a determinação da porosidade o tempo requerido, após a obtenção da seção delgada, é ao redor de 10 minutos. A determinação é simples, rápida e a amostra torna-se permanente possibilitando novos estudos e futuras comparações e correlações.

O volume de vazios obtido em seções delgadas é uma característica de interesse, tanto para gênese como para estrutura do solo. Segundo BENNEMA e col. (1970) existe grande diferença entre o volume de vazios em horizontes óxicos e argílicos, considerando-se solos com mesmo teor de argila.

4.7.2. Resultados

Os valores de vazio percentagem, obtidos com a ocular de integração (8x) e a objetiva de (10x), estão apresentadas no quadro III.

A figura 8 relaciona o volume de vazios obtido com a ocular de integração e o teor de argila, para alguns dos horizontes apresentados no quadro anterior.

Quadro III - Porosidade obtida com a ocular de integração Zeiss (8x) e objetiva de (10x).

Nº do Horizonte	Teor de Argila (*)	Percentagem de Vazios
1	14,50	15,0 ± 2,2
2	17,05	19,5 ± 2,4
3	17,15	16,9 ± 2,2
4	12,95	10,9 ± 2,0
5	12,15	16,2 ± 2,2
6	15,20	14,7 ± 2,1
7	21,45	14,7 ± 2,1
8	21,20	17,1 ± 2,3
9	20,20	17,8 ± 2,3
10	10,40	23,3 ± 2,6
11	6,35	25,2 ± 2,7
12	24,90	12,1 ± 2,0
13	24,30	13,3 ± 2,1
14	21,85	16,6 ± 2,2
15	17,50	13,0 ± 2,1
16	13,05	15,6 ± 2,2
17	14,00	15,0 ± 2,2
18	15,70	18,4 ± 2,3
19	17,90	18,6 ± 2,3
20	19,35	18,1 ± 2,3
21	14,65	21,2 ± 2,5
22	9,50	18,8 ± 2,3
23	13,35	18,8 ± 2,3
24	13,90	11,8 ± 2,0
25	9,65	14,2 ± 2,1
26	16,30	12,9 ± 2,0
27	29,15	12,4 ± 2,0
28	32,00	15,1 ± 2,2
29	27,15	13,9 ± 2,1
30	26,30	12,6 ± 2,0
31	38,40	26,4 ± 2,7
32	57,10	16,0 ± 2,2
33	55,10	25,2 ± 2,7 (**)
34	45,10	27,3 ± 2,8

(*) Para os horizontes de 1 a 30; extraído de MARCONI (1969)
 Para os horizontes de 31 a 34; extraído de RANZANI e col. (1966)

(**) Parte inferior.

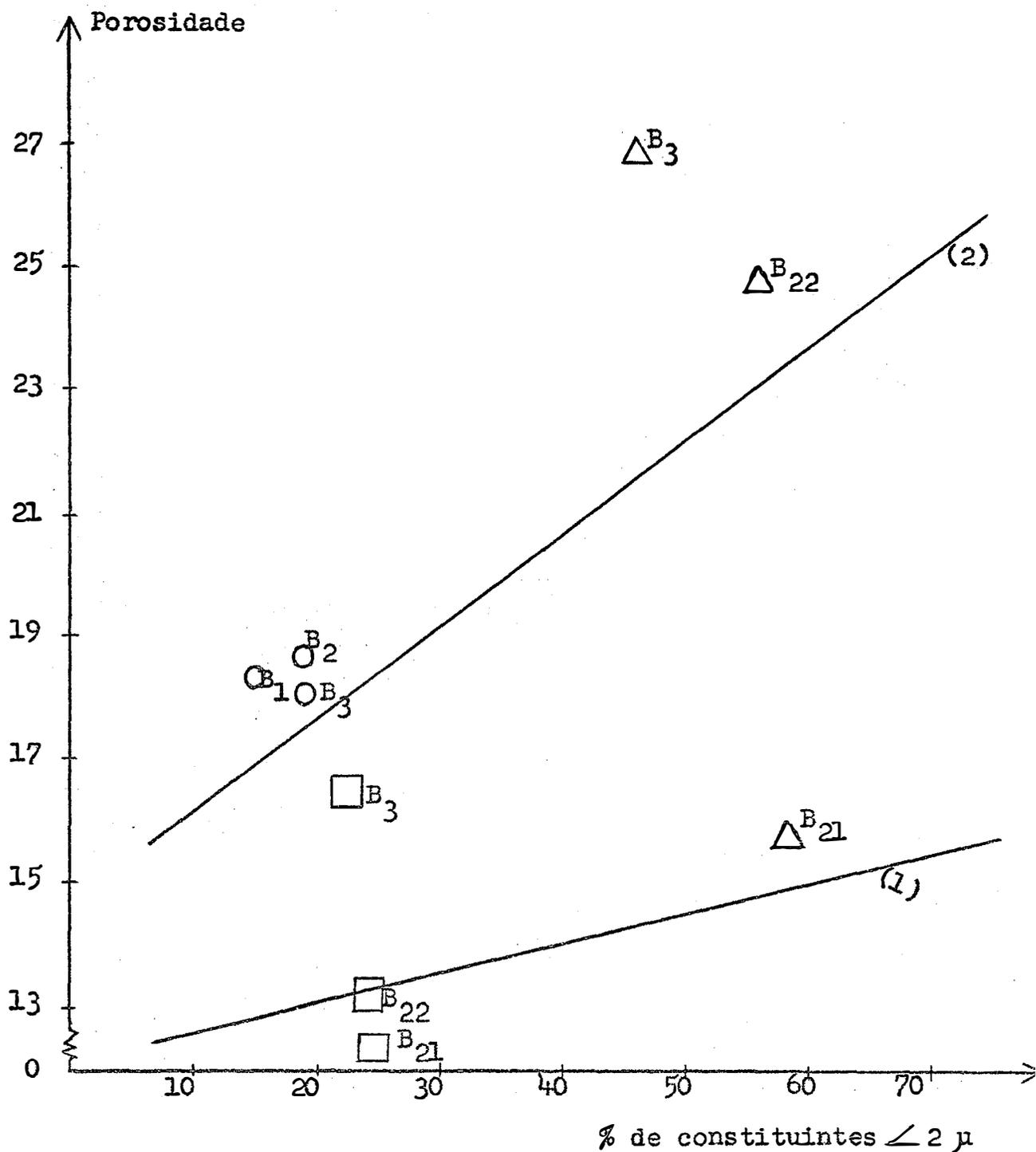


Figura 8 - Porosidade com a ocular de integração (80,0 x) e teor de argila

(1) horizontes argílicos, (2) horizontes óxicos, segundo BENNEMA e col. (1970).

△ perfil Luiz de Queiroz, □ perfil Ibitiruna,

○ perfil Paredão Vermelho.

4.7.3. Discussão

Os dados apresentados na figura 8 mostram que:

- a) . Quanto maior o teor de argila maior a diferença entre horizontes óxicos e argílicos.
- b) . Os horizontes B_{21} e B_{22} do perfil Ibitiruna apresentam porosidade de argílico. O horizonte B_3 desse perfil apresenta uma porosidade maior que os anteriores o que se explica por não ser um horizonte de acúmulo de argila iluviada.
- c) . Os horizontes B do perfil Paredão Vermelho apresentam porosidades de óxicos.
- d) . O perfil Luiz de Queiroz apresenta o horizonte B_{21} com porosidade de argílico e os horizontes B_{22} (parte inferior) e B_3 com porosidade de óxico.
- e) . Esses resultados concordam com os obtidos por BENNEMA e col. (1970).

Sugere-se, então, que para esses horizontes existe uma relação entre a porosidade e a fábrica do solo. Considerando-se horizontes com aproximadamente o mesmo teor de argila, haverá maior porosidade em horizontes intertêxticos.

O horizonte superficial, por outro lado, apresenta uma porosidade relativamente alta e variável. O teor de argila e a fábrica do solo não permitem uma previsão aproximada da porosidade, tal como acontece nos horizontes de subsuperfície. Por exemplo, o horizonte A_p do perfil Luiz de Queiroz apresenta uma porosidade alta e teor de argila de aproximadamente 40% enquanto que os horizontes A do Ibitiruna, porosidade alta e teor de argila ao redor de 10%. O A_p do Cruz Alta possui porosidade menor que a do Ibitiruna e teor de argila semelhante.

A grande variabilidade da porosidade do horizonte superficial provavelmente se deve a diversos fatores: tipo da fábrica do solo, intensidade da eluviação, ação de raízes e da fauna, ação dos agentes mecânicos, etc.

4.8. Forma de Vazios

4.8.1. Considerações Gerais

O estudo de vazios através de seções delgadas é mais um método de que pode lançar mão o pesquisador que deseja conhecer pormenores do complicado e dinâmico mecanismo transportador do líquido e do gás do solo.

Os vazios no solo são causados pelo empilhamento de partículas, pela agregação de partículas primárias, pelas formas irregulares das partículas do solo, pela ação de raízes, por movimentos de insetos, vermes e outros animais, por mudanças gasosas, por movimentos de contração e dilatação da massa do solo e provavelmente por outros agentes.

O conhecimento da forma auxiliará na determinação da origem dos vazios e poderá auxiliar no relacionamento das propriedades do solo com relação a maior ou menor reserva e transporte de ar e água para as plantas e microorganismos.

4.8.2. Morfologia e Terminologia

De acordo com BREWER (1964) os vazios (voids) são classificados em:

- A. Vazios de empilhamento (packing voids) - São simples quando resultantes do empilhamento de grânulos e complexos quando resultantes do empilhamento de agregados.
- B. Cavidades (vughs) - Compreendem vazios não resultantes do simples empilhamento de constituintes do solo. São geralmente irregulares e não interligados a outros vazios de mesmo tipo. Ocorrem os seguintes tipos:
- mamiladas - Apresentam em suas paredes curtas protuberâncias.
 - alongadas - Apresentam corda maior significativamente maior que a corda menor.
 - curvas - Suas paredes constituem figura semelhante à letra C.

- interligadas - São cavidades ligadas a outras de tamanho semelhante, constituindo um único vazio.
 - elípticas, triangulares, retangulares e circulares - Classificação dada em função da semelhança com a figura geométrica.
- C. Vesículas (vesicles) - Compreendem vazios semelhantes a cavidades, somente que devido à sua formação por meio de gases, apresentam paredes perfeitamente lisas.
- D. Canais (channels) - Compreendem vazios significativamente maiores que os resultantes do empilhamento normal de grânulos e geralmente são tubulares.
- E. Câmaras (chambers) - Compreendem vazios relativamente grandes, dispostos como se fossem reservatórios em determinados pontos dos canais.
- F. Planos de fratura ou fissuras (planes) - Compreendem vazios com características completamente diferentes daquelas que resultam do empilhamento natural de constituintes do solo. São fendas originadas principalmente devido à contração e dilatação da massa do solo com variações de umidade e temperatura.

4.8.3. Resultados

A frequência das formas de vazios é apresentada no quadro IV.

A figura 9 ilustra uma fissura desenvolvida em 3 direções e com cutãs (ferri-argilãs) em suas paredes.

As figuras 10 e 11 ilustram a ocorrência de raízes e pelota fecal em vazios.

4.8.4. Discussão

O estudo de vazios de acordo com o método empregado permite comparar vazios de horizontes de um ou mais perfis

Quadro IV - Forma dos vazios.

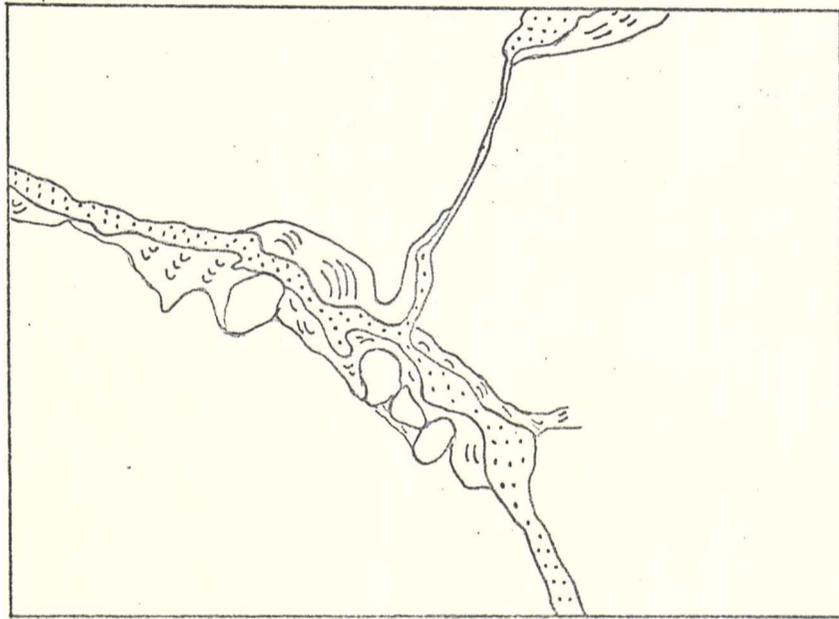
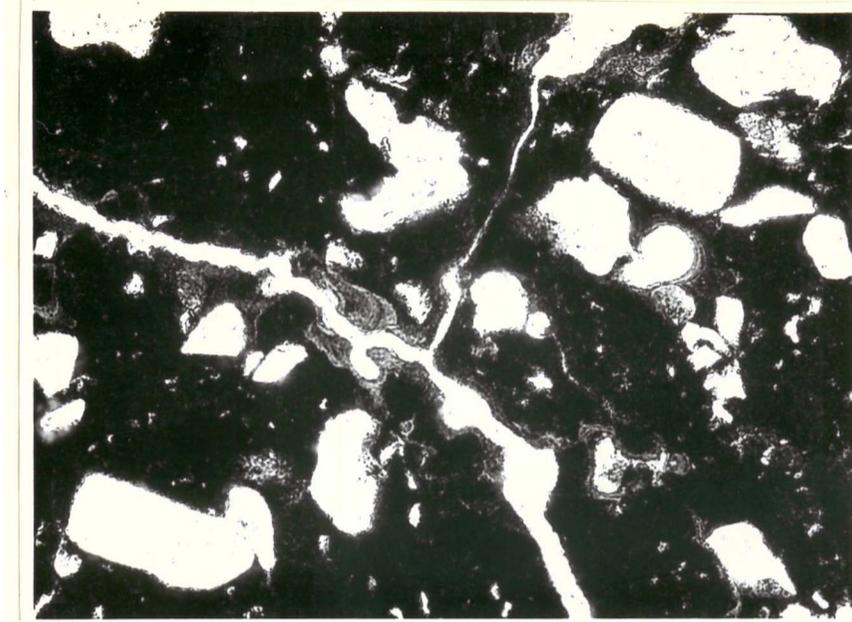
Série do Solo	ANHUMAS			CRUZ ALTA			IBITIRUNA								
	Ap	B/C	C/R	Ap	A/B	Ct	CII	CIII	Ap	A ₂	B ₂₁	B ₂₂	B ₃	C	
Horizonte															
cavidades irregulares	349	242	197	201	191	226	184	204	241	167	159	202	213	162	138
" mamiladas	16	5	6	11	9	20	12	10	10	5	20	5	16	6	32
" alongadas	16	23	34	33	38	39	33	21	33	7	21	33	33	34	15
" elípticas	2	3	5	7	4	3	5	2	5	-	2	11	4	7	-
" curvas	1	5	5	4	11	2	4	2	6	1	5	3	7	11	5
" triangulares	2	2	-	1	2	3	1	-	1	3	6	2	1	1	1
" bicurvas	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	2	-	1	1	-
" interligadas	7	2	4	-	1	2	6	1	-	-	3	-	1	1	5
" aciculares	2	2	1	6	2	2	4	3	2	1	5	2	3	-	14
" retangulares	3	4	1	2	3	2	4	2	1	1	4	1	2	6	1
" circulares	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	1	-
canais	-	-	-	-	2	2	7	5	6	2	5	2	5	12	5
câmaras	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-
vazios simples	3	-	-	-	11	2	2	1	1	-	10	1	-	-	-
TOTAL	402	288	253	265	274	304	262	252	308	190	243	263	287	242	216

Quadro IV - Forma dos vazios (continuação)

Série do Solo	PAREDÃO VERMELHO			RIBEIRÃO CLARO			SALTINHO								
	Ap	A3	B1	B2	B3	C	A1	C1	C2	Ap	A12	A3/B1	B2	B3	C
cavidades irregulares	245	187	187	172	197	153	201	208	218	145	153	111	195	176	167
" mamiladas	16	26	18	12	10	16	11	4	6	25	17	34	37	25	36
" alongadas	17	23	13	29	16	17	14	16	14	20	32	21	28	21	20
" elípticas	3	7	2	4	5	4	1	-	1	9	8	13	6	4	3
" curvas	3	3	1	5	3	2	2	1	-	2	3	2	3	2	4
" triangulares	1	7	-	4	-	3	4	2	2	1	4	-	1	2	2
" bicurvas	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	1	3
" interligadas	-	4	1	3	3	-	1	-	3	-	2	2	4	6	2
" aciculares	8	6	2	3	2	1	3	2	2	3	12	3	11	6	3
" retangulares	1	3	1	3	1	5	-	1	2	-	1	3	-	-	1
" circulares	1	-	1	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-
canais	7	2	4	2	-	2	1	1	1	7	1	2	4	7	2
câmaras	-	-	4	1	1	3	-	-	-	3	-	3	-	-	1
vazios simples	5	2	-	3	3	1	-	1	4	-	-	-	-	-	-
TOTAL	307	270	235	241	242	209	240	236	253	215	234	195	289	251	244

Quadro IV -- Forma dos vazios (continuação)

Série do Solo	LUIZ DE QUEIROZ		
	Ap	B21	B22
Horizonte			B3
cavidades irregulares	111	190	213
" mamiladas	23	10	22
" alongadas	10	14	6
" elípticas	3	4	4
" curvas	2	3	2
" triangulares	2	1	-
" bicurvas	1	3	1
" interligadas	-	-	4
" aciculares	-	2	-
" retangulares	-	-	1
" circulares	1	2	-
canais	9	9	2
câmaras	2	2	3
fissuras	19	39	23
TOTAL	183	279	281
			303



1



2



3

Figura 9 - Perfil Luiz de Queiroz, horizonte B₂₂ (parte superior), com luz polarizada, sem o analisador, 100,0 x.

- 1 . Fissura desenvolvida em 3 direções,
- 2 . cutãs iluviais (ferri-argilãs),
- 3 . s-matriz.



Figura 10 - Raiz em Vazio.

Perfil Ibitiruna, horizonte Ap, com luz polarizada,
sem o analisador, 30,0 x.

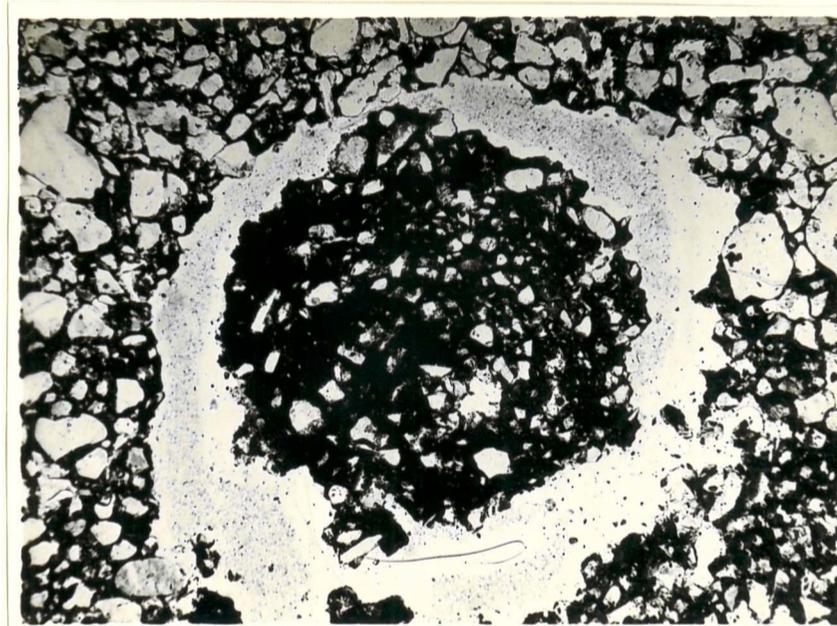


Figura 11 - Pelota Fecal em Vazio

Perfil Saltinho, horizonte A₁₂, com luz polarizada,
sem o analisador, 30,0 x.

desde que, a exemplo do que foi feito, trabalhe-se com segmentos de reta de comprimento padrão e iguais aumentos no microscópio.

Os resultados obtidos referem-se a "número frequência". Tem a desvantagem de superestimar os vazios maiores, GALEHOUSE (1969), no entanto, tem a vantagem de ser muito mais simples e rápido.

O total de vazios observados nos 34 horizontes mostrou uma frequência média aproximada de 2,6 vazios/mm. A presença de vazios grandes provoca a diminuição dessa média, enquanto que, uma distribuição mais uniforme de vazios aumenta essa média. A menor média observada foi de 1,8 e a maior de 4,0 vazios/mm.

Quanto à forma, verificou-se predominância de cavidades irregulares. Segundo BREWER (1964) esse tipo de vazio predomina em solos que apresentam constituintes com tamanho variado, como acontece nos solos estudados. Outros tipos de cavidades ocorrem em frequências menores. A interpretação de sua gênese apresenta interesse quando constitui caráter diferencial entre horizontes ou solos o que, provavelmente, não é o caso presente.

Canais e câmaras foram observadas, com exceção do perfil Anhumas, em quase todos os horizontes. A formação de canais tem sido atribuída a atividade da fauna e raízes de plantas, KUBIENA (1938), BREWER (1964).

Vazios simples só foram observados em pequeno número nos perfis arenosos o que se deve a maior quantidade de grânulos maiores, que esses perfis apresentam.

De especial interesse é o estudo de fissuras pois são responsáveis pela formação de unidades poligonais. Nos horizontes estudados só ocorrem fissuras no Ap, B₂₁ e B₂₂ do perfil Luiz de Queiroz.

A origem das fissuras tem sido atribuída a dessecação; Sleeman (1963), citado por BREWER (1964); RUTHERFORD (1967); KREMER (1969); MILLER e col. (1971). O "stress" atuando em todas as direções origina pontos de máximo "stress" a partir dos quais a fissura desenvolve-se em pelo menos 3 direções, MILLER e col. (1971). A casual distribuição desses pontos de máximo "stress" provoca o aparecimento das unidades poligonais. Em solos argilosos, tal como o Luiz de Queiroz, essas fissuras representam o principal caminho pelo qual a argila move-se e deposita-se no horizonte iluvial.

Segundo Sleeman (1963), citado por BREWER (1964), a argila sódio saturada provoca a abertura de fissuras estreitas e a argila cálcio saturada provoca a abertura de fissuras largas. Os ácidos húmicos possuem efeito semelhante ao sódio e grandes quantidades de óxidos de ferro possuem efeito semelhante ao cálcio. Afirma, também, que as fissuras, uma vez formadas, possuem considerável grau de permanência através de sucessivos ciclos de secamento e molhamento.

O aparecimento de fissuras dá-se cedo em pedogênese. Elas aparecem quando o solo seca e contrai; são preenchidas com argila ou simplesmente se fecham quando o solo é molhado e reaparecem no mesmo lugar ou noutra durante o próximo período de seca, KREMER (1969). Em casos especiais as fissuras abrem-se sempre em locais diferentes e, então, pode haver formação de horizontes argílicos sem a presença de cutãs, NETTLETON e col. (1969).

Analisando-se a distribuição da forma dos vazios verifica-se que nos 30 horizontes arenosos ela é semelhante em praticamente todos, enquanto que, os horizontes do perfil Luiz de Queiroz mostram algumas diferenças. O horizonte B₃, que apresenta características de óxico, constitui-se praticamente só de cavidades irregulares. No horizonte B₂₁, que apresenta características de argílico, há predominância de cavidades irregulares mas ocorre também uma certa proporção de outros vazios, especialmente fissuras. Os horizontes Ap e B₂₂ apresentam uma distribuição semelhante ao B₂₁.

4.9. Discussão Resumida para cada Perfil

4.9.1. Perfil Anhumas

É o menos profundo e o que apresenta maior quantidade de minerais intemperizáveis sugerindo que dos perfis estudados é o de esqueleto menos intemperizado.

O horizonte de perda provavelmente foi erodido e o horizonte superficial (Ap) apresenta ferri-argilãs iluviais em percentagem pouco acima da exigida para horizonte argílico, pela SOIL SURVEY STAFF (1967). A porosidade desse horizonte mostra-se um pouco acima daquela apresentada por horizontes argílicos típicos, BENNEMA e col. (1970).

Portanto, esse perfil apresenta o horizonte superficial com características micromorfológicas de argílico pouco desenvolvido.

4.9.2. Perfil Cruz Alta

O horizonte Ap provavelmente constitui um horizonte de perda. O horizonte A/B apresenta características micromorfológicas de argílico. É nesse horizonte que ocorre a maior deposição de argila iluviada (1,6%).

Observa-se, no entanto, que a análise mecânica revela maior teor de argila para os horizontes C. Essa diferença textural deve ser atribuída a outros fatores e não à iluviação.

4.9.3. Perfil Ibitiruna

Em relação aos perfis anteriores este apresenta maiores diferenças micromorfológicas entre seus horizontes. Apresenta os dois superiores bastante arenosos e com alta porosidade, indicando que são horizontes de perda.

No horizonte B_{21} ocorre maior quantidade de argila iluviada, ocorrendo também algumas precipitações escuras, provavelmente óxidos de ferro. O horizonte B_{22} é semelhante ao B_{21} . Esses dois horizontes apresentam características micromorfológicas de argílico.

Os horizontes B_3 e C apresentam plasma com fábrica bem desenvolvida, o que provavelmente se deve à presença do horizonte argílico que se encontra acima.

Qualitativamente, a composição mineralógica desse perfil é idêntica a do perfil Anhumas o que sugere que ambos originaram-se de material idêntico.

4.9.4. Perfil Paredão Vermelho

Micromorfolologicamente difere bastante dos perfis anteriores. O plasma é mais avermelhado e em grande parte constituído de pequenos agregados. A fábrica do plasma é pouco desenvolvida e isso provavelmente se deve ao mascaramento pelos óxidos de ferro.

Todos os horizontes são micromorfolologicamente equivalentes. As características observadas são semelhantes às descritas por BENNEMA e col. (1970), para horizontes óxicos.

A presença de argila iluviada, preenchendo alguns vazios dos horizontes B_1 e B_2 , sugerem a ocorrência de um período anterior em que ocorreu iluviação.

4.9.5. Perfil Ribeirão Claro

Micromorfolologicamente é um perfil muito semelhante ao Paredão Vermelho. Não se observa, no entanto, qualquer indicação de iluviação.

4.9.6. Perfil Saltinho

Os três horizontes superiores apresentam ferri-argilãs e possuem fábrica porfirosquélica. O volume de argila iluviada, determinado no horizonte A_{12} , é superior ao exigido para horizonte argílico. Micromorfológicamente esses três horizontes apresentam características de argílico.

Os três inferiores não apresentam argila iluviada e a fábrica do plasma tende para intertética. O teor de argila no horizonte B_2 é maior que nos horizontes superiores e esse gradiente textural não pode ser atribuído à iluviação.

4.9.7. Perfil Luiz de Queiroz

Dos perfis estudados é o que apresenta maior percentagem de argila e de óxidos de ferro livre, RANZANI e col. (1966).

A mineralogia do esqueleto difere dos perfis anteriores por apresentar alto teor de opacos (10 a 20% do esqueleto), pelo comparativamente baixo teor de outros minerais resistentes (exceto quartzo) e pela ausência de feldspatos.

Além disso, o esqueleto difere dos demais pelo seu menor volume, baixa seleção de grânulos quanto ao tamanho e pelas formas irregulares e menos arredondadas de seus grânulos.

A presença de agregados em todos os seus horizontes é um caráter dominante, sendo que nos horizontes B_{22} e B_3 predominam agregados menores que nos horizontes A_p e B_{21} .

As características micromorfológicas do B_{21} são típicas de horizontes argílicos enquanto que do B_3 , de óxicos.

A passagem das características do B_{21} (argílico) para o B_3 (óxico) é gradual. Aparentemente ocorrem, neste perfil, todos os estágios de transição entre as características mi

cromorfológicas desses dois horizontes. O horizonte B_{21} apresenta porosidade baixa, fábrica porfirosquelica e fissuras, as quais frequentemente apresentam cutãs. Em direção ao B_3 há diminuição do tamanho dos agregados que passam a ser individualizados por outros vazios, que não as fissuras, promovendo aumento da porosidade. No horizonte B_3 os agregados são pequenos, a porosidade é alta, a fábrica é intertextica e não ocorrem cutãs.

Dos perfis estudados, este apresenta maior frequência e variedades de glébulas, o que sugere contribuição de óxidos de ferro e de manganês. Esses óxidos são também responsáveis pelo intenso mascaramento da fábrica do plasma.

O exame micromorfológico sugere, o seguinte processo de gênese.

Inicialmente todo o perfil (parte examinada) deveria apresentar fábrica intertextica. Posteriormente iniciou-se, na parte superficial, a eluviação. A argila eluviada depositando-se sobre a fábrica intertextica deu origem à fábrica porfirosquelica. Tornando-se porfirosquelica, houve aparecimento de fissuras. Desta forma, a argila eluviada, atualmente depositada em fissuras deve ser resultado dos períodos de eluviação mais recentes.

5. CONCLUSÕES

Nesses solos há características micromorfológicas mediante as quais se pode diferenciar perfis e horizontes, fornecendo elementos para estudos de gênese e classificação.

Ao lado desta, destacam-se as seguintes conclusões parciais, referentes à micromorfologia dos perfis estudados.

5.1. No perfil Luiz de Queiroz não ocorrem minerais intemperizáveis e nos demais ocorrem em quantidades muito pequenas, o que indica que a reserva mineral desses solos é praticamente nula.

5.2. Nos perfis Cruz Alta e Ibitiruna a fábrica aglomeroplásmica provavelmente formou-se durante o processo de eluviação.

5.3. Nos horizontes de subsuperfície predominam fábricas porfirosquélicas ou intertéticas. Nesses perfis a fábrica porfirosquélica provavelmente originou-se durante o processo de iluviação.

5.4. Nos perfis Paredão Vermelho e Ribeirão Claro a fábrica do plasma é pouco desenvolvida indicando baixas tensões no perfil.

5.5. No perfil Ibitiruna as fábricas do plasma dos horizontes B são bem desenvolvidas indicando que os minerais de argila estão sujeitos a tensões maiores que nos demais perfis.

5.6. Os horizontes B_{21} e B_{22} do perfil Ibitiruna, Ap, A_{12} e A_3/B_1 do Saltinho, B_{21} e parte superior do B_{22} do Luiz de Queiroz, A/B do Cruz Alta e Ap do Anhumas possuem argila iluviada em quantidade maior que o mínimo exigido pela SOIL SURVEY STAFF (1967) para horizonte argílico.

5.7. O modelo de extinção das cutãs orientadas é governado pela parede dos vazios sobre que estão depositados. A orientação só será constatada, ao microscópio, quando o corte é tal que a direção de vibração do raio lento torna-se paralela à parede do vazio sobre a qual a argila foi depositada.

5.8. Em todos os perfis a estratificação apresentada pelas cutãs mostrou-se uniforme sugerindo que os ciclos de iluviação foram semelhantes e que as soluções percolaram durante ciclos sucessivos pelos mesmos vazios. Isso sugere que esses vazios são relativamente permanentes.

5.9. No perfil Paredão Vermelho o processo de eluviação-iluviação ocorreu em um período pedogenético anterior.

5.10. Nos solos estudados a formação de concreções não é um processo importante e, a maior parte dos nódulos observados são produtos de pedogênese antiga.

5.11. Nos perfis Paredão Vermelho e Ribeirão Claro e especialmente no horizonte B_3 do perfil Luiz de Queiroz a maior frequência de pedotúbulos e pelotas fecais deve-se ao aspecto de esponja (fábrica intertética) que esses horizontes apresentam, o que facilita a movimentação da fauna.

5.12. Nos perfis Ibitiruna, Saltinho e Luiz de Queiroz os horizontes com maior proporção de argila iluviada possuem porosidade típica de horizontes argílicos. Os horizontes dos perfis Anhumas e Cruz Alta possuem porosidade maior do que a esperada para horizontes argílicos típicos correspondentes, o que se deve à menor quantidade de argila iluviada que apresentam.

5.13. A distribuição da forma dos vazios (maiores que 10 micros) não constituiu caráter diferencial entre horizontes dos perfis arenosos. No perfil Luiz de Queiroz, no entanto, essa distribuição varia com a fábrica do solo. Assim, a fábrica do solo e o teor de argila devem ser os principais responsáveis pelas formas dos vazios.

5.14. No perfil Luiz de Queiroz as fissuras provavelmente originaram-se depois de iniciado o processo de iluviação. A argila iluviada que se encontra nessas fissuras (ferri-argilãs) deve ser resultado dos períodos de iluviação mais recentes.

5.15. Os perfis Anhumas e Cruz Alta possuem horizonte com características micromorfológicas de argílico pouco desenvolvido.

5.16. No perfil Ibitiruna a diferenciação de seus horizontes deve-se ao processo de eluviação-iluviação. No perfil Luiz de Queiroz a diferenciação dos horizontes deve-se ao processo de iluviação.

5.17. Nos perfis Paredão Vermelho e Ribeirão Claro as características micromorfológicas são semelhantes as de horizontes óxicos.

6. RESUMO

Através de seções delgadas e sob microscópio polarizante, estudam-se micromorfológicamente horizontes de sete séries de solos do município de Piracicaba, Estado de S. Paulo.

Os resultados são apresentados em oito subcapítulos.

a) . Esqueleto Mineral

Determina-se a composição mineralógica e algumas características micromorfológicas de grânulos minerais. Observa-se que no perfil Luiz de Queiroz não ocorrem minerais intemperizáveis e nos solos arenosos ocorrem em quantidades muito pequenas indicando que a reserva mineral desses solos é praticamente nula.

b) . Fábrica do Solo

Tomando-se como base a relação do plasma com os grânulos determina-se a fábrica representativa para cada horizonte. Conclui-se que a fábrica do solo provavelmente está relacionada ao tipo de horizonte, ao estado de dispersão e floculação da argila e permite avaliar outras características do solo, como: porosidade, forma de agregados e vazios.

c) . Fábrica do Plasma

Classifica-se a fábrica do plasma de acordo com BREWER (1964). Discutem-se as prováveis gêneses dessas fábricas e a influência dos óxidos de ferro no seu mascaramento. Conclui-se que a fábrica do plasma auxilia na interpretação das pressões ou tensões a que o perfil está ou esteve submetido.

d) . Argila Iluviada

Determina-se a ocorrência de cutãs iluviais e, em alguns horizontes, a percentagem de argila iluviada. Discutem-se a gênese, orientação e caracterização de cutãs iluviais. Conclui-se que a presença de argila iluviada além de auxiliar na classificação de horizontes diagnósticos, permite julgar se o gradiente textural observado pode ser atribuído à iluviação. Assim, o gradiente textural observado nos perfis Cruz Alta e Salinho não podem ser atribuídos à iluviação.

e) . Glébulas e Pedotúbulos

Descrevem-se glébulas, pedotúbulos e pelotas fecais que apresentam diâmetro maior que 500 micros. Discutem-se a gênese e interpretação desses constituintes. Conclui-se que a formação de concreções não é um processo importante nos solos estudados e que os nódulos do perfil Luiz de Queiroz, especialmente do horizonte B₃, são produtos de pedogênese antiga.

f) . Agregados

Descrevem-se tipos e quantidades de agregados observados. Sugere-se que as análises micromorfológicas auxiliam na compreensão dos processos de formação e estabilização dos agregados.

g) . Porosidade

Determina-se o volume de vazios com a ocular de integração. Conclui-se que a porosidade dos horizontes de superfície é dependente do teor de argila e da fábrica do solo.

h) . Forma de Vazios

Examinam-se individualmente cerca de 9000 vazios.

A determinação da forma é feita em comparação com padrões apresentados por BREWER (1964). Verifica-se alta predominância de cavidades irregulares. A frequência percentagem média de vazios maiores que 10 micros foi de 2,6/mm. Conclui-se que a distribuição da forma de vazios não constitui um caráter diferencial entre horizontes arenosos e em horizontes argilosos, é determinada pela fábrica do solo.

7. SUMMARY

The horizons of seven series of soils from Piracicaba, São Paulo State, are micromorphologically studied by means of thin sections under polarizing microscope. The results and general conclusions of these investigations are as follows:

a) . Mineral Skeleton

The mineral composition and some micromorphological features of the mineral grains are determined. It can be seen that in the Luiz de Queiroz series there are no weatherable minerals but in sandy soils there are tiny amounts, showing that the mineral reserve of these soils is practically absent.

b) . Soil Fabric

The representative fabric of each horizon is determined by taking as a basis the relationship between the plasma and grains. It can be concluded that the soil fabric is probably related to the type of horizon, the state of clay dispersion and flocculation and allows the evaluation of other soil features like: porosity, shape of aggregates and voids.

c) . Plasmic Fabric

It is classified according to Brewer (1964). The probably genesis of these fabric and the influence of the iron oxides in its masking are discussed. It is concluded that the plasmic fabric helps in the interpretation of pressure or tension which the profile is or was subjected to.

d) . Illuviated Clay

The occurrence of illuvial cutans and the percentage of illuviated clay in some horizons are determined. Genesis, orientation, and characterization of illuvial cutans are discussed. It is concluded that the presence of illuviated clay, not only helps in the diagnostic horizons classification, but also allows one to judge if the observed textural gradient can be attributed to the illuviation. Thus, the textural gradient seen in Cruz Alta and Saltinho soils can not be attributed to illuviation.

e) . Glaebules and Pedotubules

Glaebules, pedotubules and faecal pellets larger than 500 micra are described. Genesis and interpretation of these elements are discussed. It is concluded that the formation of concretions is an unimportant process in the studied soils and that the nodules of Luiz de Queiroz soil, specially from the B₃ horizon are products of ancient pedogenesis.

f) . Aggregates

Types and amounts of aggregates seen are described. It is suggested that the micromorphological analysis helps in the understanding of the processes of formation and stabilization of aggregates.

g) . Porosity

The volume of voids is determined by means of the integration ocular. It is concluded that the porosity of subsurface horizons is dependent on the clay content and soil fabric.

h) . Shape of Voids

About nine thousands voids are examined individually. The determination of shape is done by comparing to patterns shown by BREWER (1964). It was possible to verify a high predominance of irregular vughs. The frequency of medium percentage of vughs larger than 10 micra was 2,6/mm. It was concluded that the distribution of the shape of voids did not constitute a differential character among sandy horizons but in clay horizons this distribution was determined by soil fabric.

8. LITERATURA CITADA

- 1 . ALLISON, F.E. 1968. Soil aggregation - some facts and fallacies as seen by a microbiologist. Soil Sci. 106: 136-143
- 2 . ANDERSON, D.M. and R.R. BINNIE. 1961. Modal analysis of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 499-503
- 3 . BENNEMA, J.; A. JONGERIUS and R.C. LEMOS. 1970. Micro morphology of some oxic and argillie horizons in south Brazil in relation to weathering sequences. Geoderma 4: 333-355
- 4 . BLEVINS, R.L.; N. HOLOWAYCHUCK and L.P. WILDING. 1970. Micromorphology of soil fabric at tree root-soil interface. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 460-465
- 5 . BOURDEAU, G.A. and K.C. BERGER. 1947. Thin sections of soils and friable materials prepared by impregnation with the plastic "castolite". Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12: 409-412
- 6 . BREWER, R. 1955. Mineralogical examination of a Yellow Podzolic Soil formed on granodiorite. Soil Publication nº 5, C.S.I.R.O., Australia. 28 pp.

- 7 . BREWER, R. 1956. Optically oriented clays in thin sections of soils. Sixième Congrès de la Science du Sol, Paris 21-25
- 8 . BREWER, R. 1960. Cutans: their definition, recognition and interpretation. J. Soil Sci. 11(2): 280-292
- 9 . BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York: John Wiley and Sons, Inc. 470 pp.
- 10 . BREWER, R. 1972. The basis of interpretation of soil micromorphological data. Geoderma 8: 81-94
- 11 . BREWER, R. and D. HALDANE. 1957. Preliminary experiments in the development of clay orientation in soils. Soil Sci. 84(4): 301-309
- 12 . BREWER, R. and J.R. SLEEMAN. 1960. Soil structure and fabric: their definition and descriptions. J. Soil Sci. 11(1): 172-185
- 13 . BREWER, R. and J.R. SLEEMAN. 1963. Pedotubules: their definition, classification and interpretation. J. Soil Sci. 14(1): 156-166
- 14 . BREWER, R. and J.R. SLEEMAN. 1964. Glaebules: their definition, classification and interpretation. J. Soil Sci. 15(1): 66-78
- 15 . BREWER, R. and P.H. WALKER. 1969. Weathering and soil development on a sequence of River Terraces. Aust. J. Soil Res. 20: 293-305
- 16 . BUOL, S.M. and D.M. FADNESS. 1961. New method of impregnating fragile material for thin sectioning. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 253
- 17 . CAMPOS, D.A.F. 1968. Micropedologia: Contribuição ao Estudo de Solos de Piracicaba. Tese de Doutorado apresentada à ESALQ/USP. 77 pp.
- 18 . CAMPOS, D.A.F. 1969. Observações óticas em grânulos da fração areia de solos. O Solo 61(2): 73-76

- 19 . CAMPOS, D.A.F. 1970. Agregado plasma-silte em solos: definição e reconhecimento. O Solo 62(1): 79-81
- 20 . CAMPOS, D.A.F. e D. PERECIN. 1972. Aplicação da ocular de integração no estudo do solo. Rev. Agric. Piracicaba 47: 57-66
- 21 . CAMPOS, D.A.F.; D. PERECIN e H. BORDUCHI. 1971. Fração cascalho do solo Saltinho de Piracicaba, SP. Rev. Agric. Piracicaba 46: 177-183
- 22 . CAMPOS, D.A.F.; D. PERECIN e H. BORDUCHI. 1972. Impregnação e preparação de seções delgadas de solos. XXIV Reunião Anual da SBPC; resumo: Ciência e Cultura 24(6): 405
- 23 . CAMPOS, D.A.F.; D. PERECIN e H. BORDUCHI. 1973. Impregnação de amostras de solos com resinas acrílicas. Rev. Agric. Piracicaba 48: 11-16
- 24 . CHAYES, F. 1956. Petrographic Modal Analysis. New York. John Wiley and Sons. 113 pp.
- 25 . COMISSÃO DE SOLOS. 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura, CNEPA. (Boletim nº 12). 634 pp.
- 26 . DALRYMPLE, J.B. 1957. Preparation of thin sections of soils. J. Soil Sci. 8(1): 161-165
- 27 . EMERSON, W.W. 1959. The structure of soils crumbs. J. Soil Sci. 10(2): 235-244
- 28 . EMERSON, W.W. and M.G. DETTMANN. 1959. The effect of organic matter on crumb structure. J. Soil Sci. 10(2): 225-234
- 29 . ESWARAN, H. 1971. Electron scanning studies of the fracture surfaces. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 787-790

- 30 . FEDOROFF, N. 1967. Un exemple d'application de la micromorphology a l'etude des paleosols. Bulletin de l'Association Française pour L'Etude du Quaternaire 3: 193-209
- 31 . GALEHOUSE, J.S. 1969. Counting grain mounts; number percentage vs. number frequency. J. Sedimentary Petrology 39(2): 812-815
- 32 . GILE, L.H. and R.B. GROSSMAN. 1968. Morphology of the argillic horizon in desert soils of southern New Mexico. Soil Sci. 106(1): 6-13
- 33 . GROSSMAN, R.B. and F.J. CARLISLE. 1969. Fragipan soils of the Eastern United States. Advanc. Agron. 21: 237-279
- 34 . GROSSMAN, R.B. and J.B. FEHRENBACHER. 1971. Distribution of moved clay in four Loess-derived Alfisols that occur in Southern Illinois. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 948-951
- 35 . HILL, I.D. 1970. The use of orientation diagrams in describing plasmic fabrics in soil materials. J. Soil Sci. 21(1): 184-187
- 36 . INNES, R.P. and D.J. PLUTH. 1970. Thin section preparation using an epoxy impregnation for petrographic and electron microprobe analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 483-485
- 37 . JEANSON, C. 1967. Migrations chimiques dans un sol artificiel: Etude micromorphologique. Geoderma 1: 325-345
- 38 . KHALIFA, E.M. and S.W. BUOL. 1968. Studies of clay skins in a Cecil (Typic Hapludult) soil: I - Composition and genesis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 857-861

- 39 . KHALIFA, E.M. and S.W. BUOL. 1969. Studies of clay skins in a Cecil (Typic Hapludult) soil: II -Effect on plant growth and nutrient uptake. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 102-105
- 40 . KORINA, N.A. and M.A. FAUSTOVA. 1963. Microstructure of glacial deposits. Soviet Soil Sci. (9): 858-864
- 41 . KREMER, A.M. 1969. Microstructure of strongly podzolic soil and movement of clay suspensions. Soviet Soil Sci. (3): 286-293
- 42 . KUBIENA, W.L. 1938. Micropedology. Ames, Iowa, Collegiate Press, Inc., 242 pp.
- 43 . KUBIENA, W.L. 1952. Claves Sistemáticas de Suelos. Madrid. Talleres Graficos Montana. 388 pp.
- 44 . KUBIENA, W.L. 1953. The Soils of Europe. Thomas Murby and Company. London. 318 pp.
- 45 . LYNN, W.C. and R.B. GROSSMAN. 1970. Observations of certain soil fabrics with the scanning electron microscope. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 645-648
- 46 . MARCOS, Z.Z. 1971. Morphologic and Physical Properties of Fine Textured Oxisols, State of São Paulo. Tese de Ph.D. apresentada a Ohio State University. 272 pp.
- 47 . MANDARINO, J.A. 1956. A new technique for micrometric analysis of thin sections. Am. Mineralogist 41(9-10): 786-789
- 48 . MARCONI, A. 1969. Contribuição ao Estudo da Mineralogia de Solos do Município de Piracicaba. Tese de Doutorado apresentada à ESALQ/USP. 101 pp.
- 49 . McCALEB, S.B. 1954. Profile studies of normal soils of New York: IV - Mineralogical properties of Gray-Brown Podzolic soil sequence. Soil Sci. 77: 319-333

- 50 . MELFF, A.F. 1967. Intemperismo de Granitos e Diabásios no Município de Campinas e Arredores, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado apresentada à FFCL/USP. 166 pp.
- 51 . MILLER, F.P.; L.P. WILDING and N. HOLOWAYCHUCK. 1971. Canfield silt loam, a Fragiudalf: II - Micromorphology, physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 324-331
- 52 . MOROZOVA, T.D. 1963. Micromorphological study of buried soils. Soviet Soil Sci. (9): 852-857
- 53 . MOTUZOV, V.Y.; E.F. MOCHALOVA; Z.V. FILIPOVA and S.F. SMIRNOVA. 1970. A method of preparing thin sections of soils with intact structure. Soviet Soil Sci. (2): 239-243
- 54 . MOURA FILHO, W. and S.W. BUOL. 1972-a. Studies of a Latossol Roxo (Eutrústox) in Brazil: Description, setting and characterization. *Experientiae* 13: 201-217
- 55 . MOURA FILHO, W. and S.W. BUOL. 1972-b. Studies of a Latossol Roxo (Eutrústox) in Brazil: Clay mineralogy. *Experientiae* 13: 218-234
- 56 . NETTLETON, W.D.; K.W. FLACH and B.R. BRASHER. 1969. Argillic horizons without clay skins. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 121-125
- 57 . OSMOND, D.A. and I. STEPHEN. 1957. The micropedology of some red soils from Cyprus. *J. Soil Sci.* 8(1): 19-26
- 58 . PAIN, C.F. 1971. Micromorphology of soils developed from volcanic ash and river alluvium in Koroda Valley, Northern District, Papua. *J. Soil Sci.* 22(2): 275-280

- 59 . PARAGUASSU, A.B. 1968. Contribuição ao Estudo da Formação Botucatu: Sedimentitos Aquosos, Estruturas Sedimentares e Silificação. Tese de Doutorado apresentada à EESC/USP. 131 pp.
- 60 . PARFENOVA, E.I. and E.A. YARILOVA. 1958. Problems and methods of microscopic and mineralogic soil investigations. Soviet Soil Sci. (12): 1331-1338
- 61 . PETTAPIECE, W.W. and M.A. SWARICH. 1970. Micropedological study of a Chernozemic to Grey Wooded sequence of soil in Manitoba. J. Soil Sci. 21(2): 138-145
- 62 . PHILLIPPE, W.R.; R.L. BLEVINS; R.I. BARNHISEL and H.H. BAILEY. 1972. Distribution of concretions from selected soils of the inner Bluegram Region of Kentucky. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 171-173
- 63 . PLAS, L. Van der and A.C. TOBI. 1965. A chart for judging the reliability of point counting results. Am. J. Sci. 263: 87-90
- 64 . POL'SKIY, M.N. 1962. Some new techniques for preparing thin sections of soils. Soviet Soil Sci. (10): 1197-1203
- 65 . RACZ, Z. 1968. Podzols on the territory of Croatia (Yugoslavia) and their micromorphological properties. Geoderma 2: 41-55
- 66 . RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO. 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. C.E.S., ESALQ/USP. 85 pp. (mimeografado)
- 67 . ROGERS, A.F. and P.F. KERR. 1933. Thin Section Mineralogy. New York, McGraw-Hill, Book Company. 311 pp.
- 68 . ROMASHKEVICH, A.I. 1962. Microstructure and micro-aggregation of soils as related to sheet erosion and formation of alluvium. Soviet Soil Sci. (10): 1156-1161

- 69 . RUTHERFORD, G.K. 1967. A micropedological study of the genesis of a Gray-Brown Podzolic soil in Southeastern Ontario (Canada). *Geoderma* 1: 277-287
- 70 . SLAGER, S.; A.G. JONGMANS and L.P. PONS. 1970. Micro morphology of some tropical alluvial clay soils. *J. Soil Sci.* 21(2): 233-241
- 71 . SOILEAU, J.M.; W.A. JACKSON and R.B. McCracken. 1964. Cutans (clay films) and potassium availability to plants. *J. Soil Sci.* 15(1): 117-123
- 72 . SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil Classification: A Comprehensive System (7th Approximation). U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington. 265 pp.
- 73 . SOIL SURVEY STAFF. 1967. Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). U.S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington. 207 pp.
- 74 . STEPHEN, I. 1960. Clay orientation in soils. *Sci. Progress* 48(190): 322-331
- 75 . TSELISHCHEVA, L.K. 1968. Characteristics of the micromorphological structure of the pseudo-podzolic soils of Transcarpathia. *Soviet Soil Sci.* (4): 475-482