

# IDENTIFICAÇÃO DE CUTANS EM PERFIS DE LATOSSOL ROXO E TERRA ROXA ESTRUTURADA

*Sonia Carmela Falci*

Engenheira Agrônoma

**DR. ANTONIO CARLOS TEIXEIRA MENDES**  
Orientador

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

Piracicaba  
Estado de São Paulo  
1972

A meus pais e irmãos

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

Ao professor Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes sob cujas valiosas orientação e colaboração este trabalho foi conduzido.

Ao professor Dr. José Luís Ioriatti Demattê pelas su gestões e co-orientação.

Ao professor Dr. Zilmar Ziller Marcos pela obtenção das fotografias das secções delgadas e também pela revisão do resumo em inglês.

Ao professor Dr. Waldemar Moura Filho da Universidade Federal de Viçosa, pelas informações fornecidas no início deste trabalho.

Ao senhor Roberto Forti pela confecção das lâminas de solos em secções delgadas.

À Fundação de Amparo. à Pesquisa do Estado de São Paulo que através do suporte financeiro permitiu-nos a realização desta pesquisa e do curso de pós-graduação.

Agradecemos também a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, concorreram para a apresentação deste trabalho de pesquisa.

# C O N T E Ú D O

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. A cutan' .....	3
2.2. Presença das cutans em solos .....	5
2.3. A importância das secções delgadas .....	16
2.4. Materiais e métodos de impregnação .....	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
3.1. Materiais .....	27
3.1.1. Solos .....	27
3.1.2. Materiais usados na impregnação ....	28
3.1.3. Aparelhos e utensílios .....	32
3.2. Métodos .....	33
3.2.1. Método de trabalho no campo .....	33
3.2.2. Método de trabalho no laboratório ..	34
3.2.2.1. Preparo da amostra .....	34
3.2.2.2. Impregnação .....	34
3.2.2.3. Corte .....	36
3.2.2.4. Montagem da amostra .....	36
3.2.2.5. Desgaste e polimento .....	37
3.2.2.6. Análise óptica .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. Perfil P <sub>1</sub> .....	38
4.2. Perfil P <sub>2</sub> .....	44
4.3. Perfil P <sub>3</sub> .....	49
4.4. Perfil P <sub>4</sub> .....	56
5. CONCLUSÕES .....	61
6. RESUMO .....	63
7. SUMMARY .....	65
8. BIBLIOGRAFIA CITADA .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

Baseados nos modernos conceitos de gênese de solos (SIMONSON, 1959), estes podem ser estudados utilizando-se o auxílio de outras ciências além da Pedologia. Estão neste caso por exemplo, a Mineralogia Óptica, a Cristalografia, a Química, etc.

Atualmente os estudos de gênese de solos no Brasil e em particular no Estado de São Paulo, têm-se restringido essencialmente à elucidação dos diversos processos de transformação de minerais (MONIZ & JACKSON, 1967; DEMATTÊ, 1968, 1970; CARVALHO, 1970; ANDRADE, 1971), assim como o do estabelecimento de uma sequência de evolução dos solos baseada em sua fração coloidal.

Por outro lado, importantíssimos aspectos genéticos de certos solos, como por exemplo o diagnóstico dos horizontes argílicos, espódicos, etc., não podem ser estudados tomando-se como base unicamente o processo de transformação. Há

necessidade para tal fim, de se trabalhar com os processos de transferência de material coloidal. A Micropedologia neste caso, reveste-se de fundamental importância. No entanto, até o presente são poucos os pesquisadores brasileiros que estão se dedicando a esse ramo da Ciência do Solo. Entre outros trabalhos dignos de menção, estão os realizados por MOURA FILHO (1968, 1970), CARVALHO (1970) e LEMOS (BENNEMA et al, (1970).

Dentro do processo genético de transferência de material no interior do perfil, a identificação das cutans (ce rosidade, "clay skins", etc.) é básica para o reconhecimento de certos horizontes como o argílico e nátrico. Em muitos casos, por falta de resultados micropedológicos, a classificação do solo e sua interpretação genética pode ser falha (DEMATTE, 1970).

Tomando-se como base estes pontos de vista, é que se propôs a realização deste trabalho. Para tal estudo foram coletados quatro perfis de solos, situados dois no Município de Piracicaba e dois no de Botucatu. Os perfis situados no Município de Piracicaba foram classificados como Latossol Roxo, e aqueles no de Botucatu como Terra Roxa Estruturada.

Não é pretensão nenhuma neste trabalho, cobrir todo o vasto campo abrangido pela Micropedologia, e sim o de dar uma contribuição segura e modesta para a elucidação dos muitos problemas existentes em nossos solos.

Serão estudados aqui, apenas os aspectos micropedológicos da cutan, e sua posterior interpretação para finalidades taxonômicas e genéticas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A\_cutan

Uma das características pedológicas mais comuns (PETERSON, 1937; KUBIENA, 1938; JOHNSTON & PETERSON, 1941; FREI & CLINE, 1949; DALRYMPLE, 1957; McCALEB, 1954, 1959; GROSSMAN, 1959; BUOL, 1960; SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967) consiste em concentrações ou separações de plasma associadas com as superfícies naturais do material do solo, isto é, associadas com as superfícies dos agregados, recobrindo os grãos e forrando ou preenchendo os vazios.

KUBIENA (1938) reconheceu-as inicialmente por seu brilho ceroso e(ou) forma irregular e estudando-as sob luz refletida e em aumentos superiores a 60 vezes, assim se referiu a elas: "assemelham-se ao sebo que escorreu nos lados de uma vela e endureceu".

Estes fenômenos foram reconhecidos como capea -

mentos de minerais de argila e denominados como "clay skins", "clay flows", "clay films", "clay coatings" (MILLER, 1965).

Qualquer um dos termos tem uma inferência genética muito forte, indicando que as superfícies dos agregados e paredes dos vazios foram revestidas com "argila" pela deposição após eluviação em suspensão. Mas, "argila" é um termo definido por alguns pesquisadores como todo material que tenha menos de 0,002 mm de diâmetro equivalente e, por outros como uma espécie particular de material independente do tamanho. Com base nessas considerações, BREWER (1960a) propôs um novo termo, cutan, derivado do latim cutis e que engloba todas as variações dos fenômenos associados com as superfícies dos materiais do solo, definindo-o como: "uma modificação da textura, estrutura e "fabric" em superfícies naturais no material do solo devida à concentração de componentes particulares, ou modificações in situ do plasma; as cutans podem ser compostas de quaisquer substâncias componentes do material do solo. Pela definição, as cutans são características pedológicas: aquelas formadas pela deposição ou difusão do material plásmico são concentrações de plasma, enquanto que aquelas formadas por modificações in situ do plasma são separações de plasma". Com base nos processos de formação separou as cutans em: (a) cutans iluviais, formadas pelo movimento do material cutânico em suspensão ou solução e subsequente deposição; (b) cutans de difusão, que são concentrações numa superfície devidas à difusão; (c) cutans stress, que são modificações locais do plasma devidas a forças orientadas; (d) cutans complexas, formadas pela combinação de mais de um dos processos acima.

BUOL & HOLE (1961), baseados em características microscópicas em secções delgadas, definiram os filmes de argila ("clay skins") como: "a reunião de argila opticamente orientada (menor que 0,002 mm) com partículas grosseiras inclusas, formada nas paredes dos interstícios no solo e exibindo limites externos e internos abruptos".



BREWER (1964) apresentando uma completa revisão acerca deste assunto como uma ferramenta na gênese de solos, comentou que: "existem materiais com menos de 0,002 mm de diâmetro equivalente que podem estar capeando os elementos do solo e que podem não ser reconhecíveis como opticamente orientados pelos métodos usuais de microscopia". Estão nesse caso por exemplo, as formas opacas de óxidos de ferro e manganês. Além disso, minerais de argila anisótipos podem ocorrer como filmes muito fracamente orientados, ou então, filmes de materiais abaixo de 0,002 mm de diâmetro equivalente (minerais da fração argila) tais como óxidos de manganês, podem não ser orientados. A definição de Buol e Hole, concluiu ele, é de um grupo particular de cutans compostas predominantemente de minerais de argila opticamente orientados.

Desse modo, os fenômenos identificados no campo como "clay skins" ou cerosidade conforme foi proposto pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960) são as cutans iluviais de BREWER (1960a, 1964).

Tal conceito foi adotado pelos que se dedicam ao estudo do solo, principalmente os micropedologistas tais como MILLER (1965), SMECK et al (1968), ANDRONIKOV & YARILOVA (1968), PETTAPIECE & ZWARICH (1970), SLAGER et al (1970), MOURA FILHO (1968, 1970) e outros.

## 2.2. Presença das cutans em solos

Segundo MILLER (1965), um dos primeiros trabalhos sobre separações de plasma dentro do material do solo surgiu em 1932 com "Petrographic studies bearing on the genesis and morphology of Illinois soils", publicado por Allen.

Acúmulos semelhantes às cutans iluviais foram observados em Planossóis por BROWN et al (1933).

A ocorrência de cutans iluviais em solos do Nebraska, Estados Unidos, foi relatada por Nieldschmidt (BUOL, 1960) em 1934.

PETERSON (1937), estudando a micromorfologia de solos derivados de loess em Iowa, Estados Unidos, constatou também a presença desta importante característica pedológica.

Mais tarde, JOHNSTON & PETERSON (1941), em um estudo de secções delgadas de cinco grandes grupos de solos (Gray-Brown Podzolic, Yellow Podzolic, Planosol, Chernozem e Rendzina), estabeleceram entre outras, que a característica mais óbvia destes solos eram depósitos de material coloidal transportado (cutans iluviais).

RETZER & SIMONSON (1941) relataram a presença das cutans iluviais em solos Solonetz.

FREI & CLINE (1949) e CLINE (1949) em estudos de solos Gray-Brown Podzolic no Estado de Nova Iorque, anotaram a presença das cutans iluviais nesses solos como uma característica marcante dos mesmos.

Em um estudo do solo barro-limoso St. Clair de Michigan, Estados Unidos, Mick (BUOL, 1960) em 1949, descreveu variações de cor no horizonte B<sub>1</sub> (30 - 35 cm) aparentemente resultado de acúmulos de capeamentos coloidais marrom escuros lixiviados das camadas superiores. Capeamentos nas superfícies dos agregados no horizonte B<sub>2</sub> (35 - 67 cm) consistiram de materiais finos que deram uma cor escura a todo o horizonte quando úmido. Áreas manchadas de material coloidal de cor marrom foram encontradas na superfície de agregados na parte superior do horizonte B<sub>3</sub> (67 - 90 cm).

As cutans iluviais ocorrendo em Latossóis no Congo Belga foram relatadas por KELLOG & DAVOL (1949).

A presença das cutans iluviais em solos Bruni - zem foi constatada por SMITH et al (1950).

CADY (1950) estudou secções delgadas de um Davidson, solo derivado de diorito, em Piedmont, região do oeste dos Estados Unidos. As observações do autor foram as seguintes: (a) na profundidade de aproximadamente 300 cm cerca de 10% da área da secção delgada era coberta por concentrações orientadas de argila nos poros, enquanto que na profundidade de 150 cm, estas concentrações abrangeram cerca de 20 a 25% da área da secção delgada; (b) capeamentos de complexo orientado de argila-óxido de ferro nos poros e fendas na profundidade de 60 - 90 cm foram menos numerosos que na profundidade de 90-150 cm; (c) superfícies de fendas ou clivagens foram observadas serem comumente recobertas com delgadas camadas de argila fina vermelha ou com uma substância marrom escuro dando a aparência de um denso cimento de óxido de ferro que o autor considerou importante na estabilidade das unidades estruturais; (d) a cor amarela avermelhada das secções delgadas na profundidade de 450 cm foi atribuída a óxidos de ferro hidratados ocorrendo intimamente disseminados pela argila; (e) pequenos filamentos e nós de cor vermelho sangue e a cobertura de pequenos poros foram observados como sendo estratificados e mostrando extinção paralela em luz polarizada. Estas características foram interpretadas como depósitos de suspensão coloidal de caolinita e capeamentos sobre a mesma de óxidos de ferro.

McCALEB (1954), em um estudo petrográfico de uma sequência de solos Gray-Brown Podzolic - Brown Podzolic em Nova Iorque, estabeleceu que a aparência em camadas dos minerais de argila continuamente orientada ao longo das paredes de poros, fendas e canais de raízes, constituem boa evidência do movimento físico das argilas de horizontes superiores para a zona de máximo acúmulo de argila. O autor encontrou que as argilas foram geralmente orientadas com seus eixos c perpendiculares à parede. Nas extremidades dos poros os depósitos de argi

la orientada em múltiplas camadas (cutans iluviais) estavam convexos e apareciam como um menisco em tubo de vidro, desse modo sugerindo que as forças de tensão superficial tinham sido instrumento de causa na orientação observada.

BREWER (1955) constatou a presença de cutans iluviais em secções delgadas do horizonte B de um Yellow Podzolic formado de granodiorito.

Nesse mesmo ano, Nye (BUOL, 1960), estudando perfis profundos originados de gnaisse de biotita situados sob floresta na África ocidental, encontrou cutans iluviais em canais de raízes e em fragmentos porosos de gnaisse decomposto.

BREWER (1956) fez um estudo petrográfico de dois solos: um deles bem drenado (Tenninger Sand) e o outro mau drenado (Wamoon Sand), ambos desenvolvidos de material eóleo. As secções delgadas desses solos mostraram que as cutans iluviais foram encontradas somente em espaços porosos usualmente não muito grandes.

KUNZE & OAKES (1957), no estudo de perfis representativos de Planossóis, constataram nos mesmos a presença de acúmulos de argila semelhantes às cutans iluviais.

Beattie e Haldane (BREWER, 1964) relataram em 1958 a presença de cutans constituídas quase que essencialmente de palygorskita, em New South Wales, Estados Unidos.

MINASHINA (1958) detectou cutans em solos Cinnamon-Brown do Maciço de Kirovabad, Rússia. Em seu trabalho o autor sugeriu diversos processos de formação da cutan como: (a) a migração de suspensão de argila ao longo do perfil do solo e a concentração de argilas no horizonte iluvial, na forma de crostas nas paredes das fendas e poros; (b) um resultado da sedimentação e secagem de suspensões carregando delúvio; (c) for

madas in situ por intemperismo e formação do solo. Estabeleceu ainda, que a orientação das cutans era favorecida pelo hábito micáceo das partículas de argila, sua habilidade em junta rem-se umas às outras quando secas, à tensão superficial da água, à pressão mecânica e outros fatores.

Estudando solos Humic Gley em Ohio, Estados Unidos, SCHAEFER & HOLOWAYCHUK (1958) verificaram nos mesmos a presença das cutans iluviais.

A COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1958) relatou a presença nos Estados do Rio de Janeiro e Guanabara, das cutans iluviais ocorrendo nos seguintes grandes grupos de solos: Podzólico Vermelho Amarelo, Mediterrânico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Pardo, Solonetz Solodizados, Low Humic Gley, Latossol Vermelho Podzólico, Podzólico Vermelho Latossólico e Podzólico Amarelo Latossólico.

SHERMAN & ALEXANDER (1959) constataram que as superfícies de agregados estruturais no horizonte B<sub>3</sub> (118 - 175 cm) de certos Low Humic Latosols eram cobertos com um filme marrom escuro ou preto (cutan iluvial) que efervescecia com a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, enquanto que o interior dos agregados normalmente não efervescecia quando submetido ao mesmo tratamento.

MATELSKI (1959) descreveu cutans iluviais encontradas em solos Brunizem do Nebraska, Estados Unidos.

THORP et al (1959) descreveram secções delgadas feitas de um solo Miami como segue: no horizonte A<sub>2</sub> (7 - 17 cm), uma pequena área de cutan iluvial foi observada; no horizonte A<sub>3</sub>-B<sub>1</sub> (20 - 30 cm) algumas manchas no material semelhante ao horizonte B<sub>2</sub> e uns poucos flocos de cutans iluviais foram notados; no horizonte B<sub>21</sub> (35 - 45 cm) finas cutans iluviais foram observadas nas superfícies de pequenos poros, mas completamente ausentes nas fendas grandes; o horizonte B<sub>22</sub> (47

- 57 cm) pareceu estar "recheado com argila"; no horizonte B<sub>2</sub>-C (65 - 75 cm) as cutans iluviais foram abundantes e, no horizonte B<sub>3</sub>-C (92 - 102 cm) cutans iluviais de coloração vermelha amarronzada escura foram observadas forrando as superfícies dos poros.

Carrol (BUOL, 1960) em 1960 descreveu cutans iluviais de coloração marrom e marrom escura em superfícies horizontais e verticais de agregados em diversos perfis Grey-Wooded em Taylor, Wisconsin, Estados Unidos.

YASSOGLU & WHITESIDE (1960) encontraram que nas zonas iluviais argilosas de alguns solos contendo fragipans, na parte setentrional de Michigan, Estados Unidos, as cutans continham quantidades consideráveis de argilas expansivas, sendo que os filmes ocorriam em camadas paralelas.

BARTELLI & ODELL (1960) estudaram os horizontes Beta (camadas enriquecidas em argila encontradas abaixo do horizonte B<sub>2</sub>) de solos na região glacializada do Estágio Glacial do Wisconsin, na parte setentrional de Illinois, Estados Unidos. Os estudos microscópicos das secções delgadas mostraram uma "fabric" particularmente porosa com uma grande percentagem de argila fortemente orientada, em camadas, sobre as superfícies dos grãos minerais, paredes dos poros e canais de raízes e recobrando os agregados (cutans iluviais).

A COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960) relatou a presença das cutans iluviais nos seguintes grandes grupos de solos no Estado de São Paulo: Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Podzolizados de Lins e Marília, Mediterrânico Vermelho Amarelo, Terra Roxa Estruturada e Solos Podzolizados com Cascalhos.

BUOL (1960) estudou as cutans de solos representativos do Wisconsin, Estados Unidos, tanto no campo como em

laboratório. Uma das conclusões do autor foi que as cutans nos solos Grey-Brown Podzolic foram formadas por percolação de suspensões diluídas de argila, donde esta era depositada perto ou abaixo da base do solum, à medida que a percolação cessava e os poros grandes iam-se esvaziando da água.

BREWER (1960b) utilizando a petrografia para a descrição da constituição física e mineralógica dos solos, isto é, para a descrição da organização interna devido às características físicas e arranjo dos constituintes e a estimativa quali e quantitativa desses constituintes, fez uso das cutans com esse propósito, anotando ainda serem elas um dos aspectos mais significativos da heterogeneidade do solo.

BUOL & HOLE (1961) fizeram as seguintes observações acerca de alguns fatores concernentes aos processos de formação das cutans, em solos do Wisconsin, Estados Unidos:

(a) as cutans formam-se principalmente nos solos com agregados relativamente estáveis e um adequado suprimento de argila; (b) o tempo, como um fator na gênese de cutans permite sua formação, fratura e remoção; (c) a água em percolação dispersa as cutans, transporta-as e deposita-as onde cessa a percolação; (d) as cutans encontradas no interior de agregados na parte superior do horizonte B são devidas às perturbações; (e) as cutans naturais são formadas em pequenos incrementos de minúsculas lamelas; (f) a expansão, contração e perturbação pelo congelamento e degelo, secagem e umedecimento, lentos movimentos de massa e atividade dos microorganismos do solo causam a fragmentação das cutans nos horizontes superiores e incorporação dos fragmentos ao interior dos agregados; (g) a cor e estrutura das cutans são uniformes através do Wisconsin.

Gorbunov (MILLER, 1965) em 1961 estabeleceu que a evidência usada para se determinar o movimento de colóides e argila com e sem decomposição, tal como a presença ou ausência de argila orientada, a homo ou heterogeneidade dos minerais e

composição química não é sempre segura. Estabeleceu ainda que muitos autores concluíram que a argila opticamente orientada é argila movida sem decomposição, considerando que se ela foi de composta após movimentação, não mostra orientação.

MILLER (1965) em seu estudo de perfis representativos de Canfield barro limoso (Fragiudalf) apresentou, com relação às cutans iluviais, as conclusões seguintes, entre ou tras: (a) as cutans removidas do horizonte B com o uso da técnica com "Saran" continham cerca de 25% mais de H, Ca, K e Mn trocáveis que o material da matriz correspondente. O aumento foi atribuído principalmente ao maior conteúdo em argila da cutan; (b) a CTC das cutans do horizonte B, removidas através da técnica de congelamento, era 18% mais alta que a do material matriz correspondente. As análises de difração dos raios X detectaram mais montmorillonita e ligeiramente mais minerais interestratificados que a amostra da matriz; (c) o Al removido pelo  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 8 foi encontrado ser consistentemente maior na fração argila da cutan do que na fração argila da matriz; (d) as análises mecânicas das cutans separadas manualmente e do ma terial matriz, indicaram que conteúdos muito mais altos de argila total estavam contidos no material cutânico; (e) o carbono orgânico contido na cutan separada manualmente era de 50 - 100% maior do que o contido nas amostras da matriz correspondente; (f) os conteúdos de H, Ca, Mg, K e Sr trocáveis das cutans separadas manualmente eram comumente 100% maiores que os dos cátions trocáveis do material matriz; (g) a saturação em bases das cutans manualmente separadas foi consideravelmente maior do que a da matriz correspondente; (h) a capacidade de fixação de K da fração argila (menor que 0,002 mm) do material cutânico manualmente separado foi significativamente menor que para a fração argila da matriz correspondente; (i) montmorillonita, vermiculita e minerais interestratificados foram mais con centrados, e illita, quartzo e caolinita o foram menos na fração argila da cutan do que na fração argila do material matriz correspondente, embora a illita estivesse em maior proporção em



ambas as amostras; (j) as análises de secções delgadas comprovaram a orientação paralela das cutans que continham relativamente grandes quantidades de silte e areia fina.

RANZANI et al (1966), no estudo dos solos que ocorrem no Município de Piracicaba, relataram a presença das cutans iluviais nas séries Ártemis, Bairrinho, Godinhos, Pau Dalho, Pompéia e Tijuco Preto.

GILE & GROSSMAN (1968) estudaram solos de uma região desértica na parte setentrional do Novo México, Estados Unidos, concluindo que, os corpos de argila orientada que ocorrem dentro dos agregados do horizonte argílico desses solos são uma prova de que as cutans iluviais existiram revestindo agregados e grãos minerais, mas que foram destruídas por perturbações físicas.

ANDRONIKOV & YARILOVA (1968) fizeram um estudo micromorfológico de solos Solonetz ocorrendo na Rússia. Os autores observaram que alguns poros pequenos estavam preenchidos com argila fina fortemente orientada, especialmente bem expressada nos horizontes B dos Solonetz Meadow Steppe com o maior conteúdo de Na trocável.

DEMATTE (1968) estudando a série Ibitiruna, constatou em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo-variação Laras, localizados no Município de Piracicaba, a presença marcante das cutans iluviais.

MOURA FILHO (1968) estudou 3 perfis de Latossol Roxo (Eustrustox) sob diferentes sistemas de cultivo no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Através de exames micromorfológicos o autor constatou que não havia evidência de cutans iluviais (argilans), mas que havia evidência do que parecia ser carvão com fendas preenchidas por argila e óxido de ferro, e que era comum nas amostras do perfil sob floresta. Isto fez com que o

autor sugerisse que a argila havia sido translocada pelo menos em parte.

KHALIFA & BUOL (1969) encontraram que as cutans iluviais (argilans) no horizonte argílico de um Ultissol reduzem o crescimento das plantas e sugeriram que isto poderia ser causado pela restrição da difusão de íons do interior dos agregados, através das cutans, para a solução do solo.

QUEIROZ NETO (1969), estudando solos da Serra de Santana entre as cidades de Rio Claro e São Carlos no Estado de São Paulo, observou a presença de cutans iluviais em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba e em Terra Roxa Estruturada.

ESCOBAR (1969), no estudo de solos da Bacia do Ribeirão Tijuco Preto no Município de Rio das Pedras, constatou a presença de cutans iluviais recobrando 10% dos agregados do horizonte B<sub>21</sub> do perfil de Latossol Roxo. Em todo o horizonte B do perfil Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba o autor constatou a presença abundante das cutans iluviais revestindo superfícies horizontais e verticais dos agregados.

PETTAPIECE & ZWARICH (1970), estudando solos Orthic Dark Grey (Chernozem degradado) e Orthic Grey Wooded (Podzólico), descreveram as cutans iluviais desses solos como capeamentos dos agregados, bem pronunciadas, bem separadas e contínuas.

DEMATTE (1970) relatou a presença de cutans iluviais em Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba série Jibóia e em Mediterrânico Vermelho Amarelo série Bairrinho ocorrendo em sedimentos do grupo geológico Estrada Nova no Município de Piracicaba.

CARVALHO (1970), no estudo micromorfológico de Terra Roxa Estruturada no Município de Ribeirão Preto, mostrou

que o horizonte B<sub>2</sub> tem estrutura em blocos com abundantes cutans iluviais (argilans) a qual muda no horizonte B<sub>3</sub> para uma estrutura granular com poucas cutans. Esta mudança, em adição ao fato de que a estrutura em blocos parece ter-se desenvolvido sobre uma estrutura granular existente, foi tomada como evidência de que a estrutura do horizonte B da Terra Roxa Estruturada tem origem pedológica. A presença de cutans fortemente orientadas e fortemente separadas foi apresentada como evidência de iluviação de argila no processo de formação da Terra Roxa Estruturada.

MOURA FILHO (1970), no estudo de um perfil de Latossol Roxo (Eutrustox) na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, concluiu que a dispersão em água não causa nenhuma diferença mineralógica, mas afeta as partículas mais finas que são preferivelmente dispersas nesse meio. Citou ainda o fato de que não estava claro o porquê da "argila fina" dispersível em água não ser observada no subsolo na forma de cutans iluviais (argilans).

SOUZA (1971), estudando solos da região de Iracemópolis no Estado de São Paulo, constatou a presença de cutans iluviais em Latossol Roxo série Iracema (horizonte B<sub>1</sub>), Podzólico Vermelho Amarelo série Tijuco Preto (em todo o horizonte B), Terra Roxa Estruturada série Litossol Iracema (em todo o perfil) e Latossol Vermelho Escuro-Orto série Guamium (horizonte B).

MEDEIROS (1971), estudando solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras no Município de Rio das Pedras, constatou a presença das cutans iluviais em perfis de Terra Roxa Estruturada e Latossol Vermelho Escuro-Orto.

ANDRADE (1971), no estudo da gênese e classificação de alguns solos nos Municípios de Piracicaba e Rio Claro, constatou no perfil de Latossol Roxo no Município de Piracicaba, a presença marcante das cutans iluviais.

MARCOS (1971), estudando perfis da série Tanquinho pertencente ao grande grupo Latossol Roxo, também notou a presença das cutans iluviais nesses solos.

### 2.3. A importância das secções delgadas

Segundo OSMOND (1955) foi somente quando secções delgadas de rochas e fragmentos de rochas foram preparadas e extensivamente usadas por Sorby em 1850, que os primeiros petrologistas puderam fazer mais do que descrever megascopicamente a aparência das rochas.

Até há pouco tempo o pedologista estava se deparando com dificuldades semelhantes na descrição e investigação do solo. As determinações químicas e físicas de muitas espécies contribuíram para o aumento da quota de informações acerca do solo. O microscópio eletrônico permitiu a observação da forma dos indivíduos da fração argila, enquanto que as técnicas de análise de difração dos raios X permitiram a detecção da estrutura das mesmas. Mas, o estudo do solo em um estado não perturbado só pôde ser conseguido através de seu exame em secções delgadas.

Ainda segundo OSMOND (1955), foram Delage e Lagatu em 1904 os primeiros que estudaram o solo em secções com cerca de 0,01 mm de espessura, mas o modo como conseguiram preparar tais secções não foi revelado.

Ross, Harper e Volk, Leggette e outros (OSMOND, 1955) em 1924 utilizaram no exame microscópico de solos, secções de 0,05 mm de espessura, estudando a estrutura e os espaços porosos.

A "Micropedologia" de KUBIENA apareceu em 1938, onde o autor descreveu minuciosamente a obtenção de secções

delgadas de amostras de solos com 0,03 mm de espessura. As observações do autor revelaram que os solos têm uma "microfabric" distinta das estruturas mais grosseiras observáveis no campo, e também que, Podzóis, Brown Earth, Chernozem e Rendzinas têm "fabrics" diferentes.

Uma das aplicações mais interessantes do uso da técnica de secções delgadas foi desenvolvida por FREI & CLINE (1949) que estudaram a micromorfologia de seis perfis de uma sequência do Gray-Brown Podzolic ao Brown Podzolic, com "intergrades". As secções delgadas provaram a evidência de que a argila do horizonte B do solo Gray-Brown Podzolic é acumulada pela água em percolação, sendo concentrada nas faces dos agregados e arranjada opticamente em camadas contínuas ao longo das paredes dos canais. A "fabric" da superfície do solo Brown Podzolic é grandemente semelhante àquela de um Podzol, enquanto que a dos horizontes minerais mais superiores pareceu ser muito similar ao horizonte B desse mesmo solo. O exame dos perfis "intergrade" mostrou que, com a perda de bases no solo Gray-Brown Podzolic, os sesquióxidos foram deixados na superfície e que havia uma degradação progressiva do horizonte B a partir do topo, de modo que o desenvolvimento do solo Brown Podzolic ocorria nas camadas superiores do Gray-Brown Podzolic.

Através dos anos, o estudo dos solos em secções delgadas foi-se ampliando grandemente, sendo hoje uma ferramenta indispensável na gênese e classificação de solos. Assim, por exemplo, as cutans iluviais são uma característica diagnóstica importante dos horizontes argílicos na classificação de solos proposta pelo SOIL SURVEY STAFF (1960, 1967), visto que indicam translocação de argila em um perfil textural. O método mais seguro para a identificação das cutans iluviais é em secções delgadas examinadas sob microscópio petrográfico, conforme citou MILLER (1965).

Foi em 1964 que BREWER, utilizando suas publica

ções a respeito de vários assuntos, publicou o livro "Fabric and Mineral Analysis of Soils", onde registrou processos de estudo do solo, principalmente em secções delgadas sob microscópio petrográfico. Além de introduzir novos conceitos (matrizes, vazios, cristalária, agregados) na observação microscópica, o autor propôs toda uma sequência de observação a ser seguida.

BUOL & YESILOY (1964), estudando perfis Mohave barro-arenosos representativos dos solos Red Desert desenvolvidos em Avra Valley na parte setentrional do Arizona, Estados Unidos, em secções delgadas, constataram a presença de cutans iluviais em pequena quantidade. As secções delgadas e o conteúdo total de argila indicaram iluviação de argila do horizonte A para o B. Entretanto, a quase completa ausência de argila orientada nos perfis, indicou que as cutans, se formadas, foram destruídas por perturbações naturais do solo, constataram os autores, o que está em consonância com as conclusões de BUOL & HOLE (1961).

Na classificação de solos, como já foi dito, uma das principais utilizações das secções delgadas é na identificação das cutans iluviais, cuja presença diagnostica o horizonte argílico, visto que a pesquisa demonstrou que o aumento no conteúdo de argila com a profundidade não mais é prova de iluviação, como se pensava no início das investigações pedológicas (STEPHEN, 1960). Além disso, em determinados perfis de solos, as cutans podem não ser visíveis no campo, mas o estudo em secções delgadas poderá revelar a existência das mesmas. Assim é que, GILE & GROSSMAN (1968), estudando solos de regiões desérticas no Novo México, Estados Unidos, não constataram na morfologia dos mesmos a presença de cutans no horizonte argílico (identificado pela diferença textural). Mas, o estudo desse horizonte em secções delgadas sob microscópio petrográfico mostrou corpos de argila orientada dentro dos agregados; estes corpos foram por eles considerados como restos de cutans iluviais formadas nas superfícies dos agregados durante os períodos

pluviais do Pleistoceno. Sendo encontradas nas superfícies dos agregados e em canais nos horizontes argílicos adensados em paleossolos do Pleistoceno, as cutans são uma evidência da iluviação de argila nessa Época. Mas, como citaram os autores, a preservação das cutans até a Época Recente requeriria restrições físicas. No caso dos solos estudados, o acúmulo autigênico de carbonato, a quantidade de argila silicatada e a proporção de fragmentos grosseiros favoreceram a perturbação do horizonte que foi perdendo suas cutans iluviais. Baseados pois nos dados de secções delgadas, os autores classificaram os solos de um modo totalmente diferente daquele que teriam feito se não utilizassem tal técnica.

NETTLETON et al (1969) afirmaram que, embora a argila de alguns horizontes B<sub>t</sub> de solos de textura fina e moderadamente fina de climas áridos e mediterrânicos no sudoeste dos Estados Unidos fosse altamente orientada, as cutans não puderam ser reconhecidas naquela parte do solo que mostrava o maior conteúdo de argila. Em seu trabalho, os autores se propuseram a mostrar que: (a) corpos altamente orientados de argila e que frequentemente eram tomados como cutans iluviais no campo, poderiam ter-se formado sem iluviação; (b) a ausência de cutans iluviais em horizontes B<sub>t</sub> é consistentemente relacionada com a evidência micromorfológica de pressões na "fabric" e ao potencial contração-expansão do horizonte; (c) a iluviação de argila provavelmente teve lugar nesses solos. A utilização da técnica de secções delgadas e outras, permitiu aos autores concluírem que: (a) os horizontes do subsolo, de textura fina e moderadamente fina, nas áreas de climas desérticos ou mediterrânicos no sudoeste dos Estados Unidos frequentemente não possuem cutans iluviais distintas; (b) as cutans iluviais estão ausentes nos horizontes de potencial contração-expansão alto, visto que as pressões produzidas tanto durante a contração como durante a expansão impedem a formação de superfícies de agregados que sejam suficientemente permanentes para o acúmulo das cutans, e destroem quaisquer cutans já existentes;

(c) houve evidência de que os horizontes sem cutans foram formados pela iluviação de argila e que portanto continuariam a serem considerados como argílicos.

Recentemente, BENNEMA et al (1970), no estudo de solos com **horizonte** argílico típico e solos com horizonte que possuía somente o mínimo necessário para ser enquadrado como tal, concluíram que estes últimos, apesar da fraca diferenciação dos horizontes, apresentavam em volume, uma concentração de cutans iluviais semelhante à dos primeiros. Isto permitiu aos autores concluir, que nestes solos com fraca diferenciação textural, aqueles horizontes com poucas características de argílico o eram realmente, e com tanta expressividade quanto os típicos.

#### 2.4. Materiais e métodos de impregnação

As amostras de solo são muito friáveis para poderem ser seccionadas ou polidas sem que se faça uma estabilização pela impregnação com algum material endurecedor.

O material de impregnação ideal deveria ter uma viscosidade tão baixa quanto possível sob as condições de impregnação, uma mudança mínima de volume ao endurecer e não ser polar. Além disso, as condições de impregnação não deverão afetar o arrançamento dos constituintes ou mudar-lhes as propriedades ópticas. Quando estabilizado, o material de impregnação deverá ser relativamente duro à temperatura ambiente, incolor e isótopo em secção delgada (BREWER, 1964).

Com fito nessas características muitos materiais foram pesquisados como meios impregnantes.

O primeiro material citado na literatura com re



sultados satisfatórios para materiais friáveis tratava-se, muito provavelmente, da resina conhecida como Bakelite ( General Bakelite Company, Birmingham, Inglaterra ), usada por ROSS (1924). OSMOND (1955) citou que Harper e Volk também a usaram concomitantemente a Ross, enquanto Leggette (DALRYMPLE, 1957) fez uso da mesma quatro anos mais tarde. ROSS (1924) realizou a impregnação por embebição das amostras durante 1 a 4 dias, após o que eram aquecidas durante 2 dias a 70 - 90°C. O maior inconveniente da Bakelite diz o autor, é o seu alto índice de refração (1,634) o que trazia alguns problemas no exame das lâminas, visto que o bálsamo (meio usado como fixador da amostra na lâmina) tem índice de refração 1,543.

KUBIENA (1938) utilizou na preparação de secções delgadas de solos e materiais friáveis, a resina Kollolith (Voigt and Hochgesang, Gottingen, Alemanha) que, junto com amostras de solo cortadas com cerca de 3 mm de espessura, era colocada em um tubo pirex de 2,5 cm de comprimento e 3,5 cm de diâmetro, evacuado a seguir. Aquecimento a 150 - 170°C derretia a resina que podia agora penetrar nos poros da amostra. O tempo de tratamento variava de 10 a 30 minutos conforme a porosidade do material. Do método descrito por ele e como relatou também BREWER (1964), deduz-se que, como desvantagens desse material aparecem: (a) o prolongado aquecimento a altas temperaturas com evidente borbulhamento da resina e perturbação da amostra; (b) o fato de que líquidos como o querosene dissolvem-no, forçando o desgase a ser a seco, o que toma um tempo muito grande na confecção da secção delgada.

Muito provavelmente, o uso de resinas poliéster na confecção de secções delgadas foi introduzido por BOURBEAU & BERGER (1947). Os autores utilizaram a resina Castolite (Castolite Company, Illinois, Estados Unidos) ativada por um catalisador de oxidação, realizando a impregnação sob vácuo do seguinte modo: a amostra seca ao ar era colocada em recipiente de vidro e a Castolite já ativada vertida dentro do mesmo até

cobrir totalmente a amostra. O recipiente era então colocado em um dessecador e evacuado suavemente até que as bolhas de ar cessassem. Como havia redução de volume, mais Castolite ativada era colocada e o ar remanescente evacuado. O endurecimento se completava em 4 a 6 horas à temperatura ambiente (os autores usaram 0,1% do catalisador por peso de resina) após o que a amostra era levada a estufa por 30 minutos a 70°C.

FREI & CLINE (1949) utilizaram na confecção de secções delgadas uma resina natural denominada Sold (Vernicol, Meilen, Suíça), sendo as amostras secas ao ar e saturadas com a resina segundo procedimento desenvolvido por Frei.

OSMOND & STEPHEN (1957) usaram como impregnante a resina sintética Ceemar para a confecção de secções delgadas com 0,03 mm de espessura. O desgaste era efetuado inteiramente a seco com Carborundum (The Carborundum Company, Nova Iorque) e aloxita fina H, apresentando o mesmo inconveniente já citado por KUBIENA (1938).

DALRYMPLE (1957) comparando a obtenção de secções delgadas de amostras de solo impregnadas com diversos materiais, propôs o uso da resina damar ou da resina Lakeside 70 (Hugh Courtright and Company, Illinois, Estados Unidos). Utilizava amostras de solos com 2 a 3 cm de diâmetro e 1 cm de espessura que eram imersas, para remoção do ar, em um recipiente contendo xilol. A seguir ela era removida para um recipiente com a goma aquecida quando então o xilol era substituído pela mesma, após o que a amostra era retirada e deixada à temperatura ambiente até completo endurecimento. O autor fez mais de 200 lâminas de solos e sedimentos usando esses materiais e, segundo ele, o método era rápido e fácil para a impregnação das amostras que não apresentaram deformação aparente em virtude do aquecimento.

BUOL & HOLE (1959) para a preparação de secções

delgadas cortavam as amostras com cerca de mais ou menos 0,5cm de espessura sem o uso de qualquer lubrificante. Após terem sido secas em estufa a 105 - 110°C por 24 horas, eram colocadas em um copo de 800 ml e cobertas com Castolite. O copo era colocado sob vácuo aplicado suavemente para evitar o borbulhamento violento da resina, e quando este abrandava, usualmente em 5 a 10 minutos, o endurecedor Castolite era adicionado, muito bem misturado e a amostra retornava ao vácuo até que novamente o borbulhamento cessasse. O excesso de Castolite era vertido fora e as amostras colocadas em estufa a 70°C por 24 horas.

BARTELLI & ODELL (1960) utilizaram um método adaptado dos procedimentos de Dalrymple, Bourbeau e Berger, e Cady, sendo a mistura impregnante constituída de 55% de monômero de estireno, 45% de Castolite e catalisador peróxido de metil etil cetona.

BUOL (1960) relatou a seguinte técnica de impregnação de amostras de solo com Castolite ou com Laminac (American Cyanamid Company, Nova Iorque): a amostra era inicialmente seca em estufa a 105 - 110°C por 24 horas sendo a seguir colocada sob uma campana onde ficava sob a pressão de 7mm de Hg. Após alguns minutos o material impregnante (55% de Castolite ou Laminac, 45% de monômero de estireno e 20 - 25 gotas de endurecedor Castolite por 300 ml de solução) era deixado escoar no recipiente. Quando a mistura cobria a amostra o ar era lentamente admitido. Retirada da campana ela era levada a estufa a 70°C e depois a 100°C por 12 horas para endurecer.

Procedimento idêntico foi descrito por BUOL & FADNESS (1961), concluindo os autores que a saída do ar da amostra antes da introdução da mistura, minimizava o efeito de tensão superficial que se encontrava quando o ar era evacuado após inundação com a mistura impregnante.

BREWER (1964) arrolou diversos plásticos adequados à impregnação, anotando ainda o fato de que todos os materiais e métodos descritos até aquele momento seguiam, em linhas gerais, o descrito por Bourbeau e Berger. Os plásticos em geral não polimerizam satisfatoriamente em presença de umidade e as impregnações são melhores quando realizadas sob vácuo. O autor recomendou que as impregnações fossem realizadas sob vácuo equivalente à pressão de 27 polegadas de Hg. Segundo ele, vácuos mais rigorosos são mais eficientes mas tornam-se insatisfatórios em virtude do borbulhamento muito vigoroso do plástico ou do catalisador e(ou) do acelerador adicionados. O autor citou o uso de: (a) Plastrene 47 (Polymer Corporation Pty. Ltd., Chemical Manufacturers, Austrália) na proporção de 10 ml da resina para 2 gotas de catalisador G e uma gota de acelerador H; (b) Epirez Nº 2659E (Indelab Pty. Ltd., Austrália) semelhante à anterior, na relação de 10 ml da resina e 1 ml de endurecedor; (c) Durcupan (Fluka A.G., Chemische Fabrik, Buchs, S.G., Suíça), que sendo um plástico epoxi de baixa viscosidade é recomendado em especial para amostras úmidas e compactas; (d) Carbofax 6000 (Carbide and Carbon Chemical Company, Nova Iorque) que pode ser usado para amostras úmidas mas que tem o inconveniente de em secções delgadas ser anisótropo com baixa birrefringência e sob nicóis cruzados ter a aparência de um aglomerado de pequenos cristais; (e) Sóis de Látex que podem impermeabilizar amostras úmidas por difusão durante vários dias. A desvantagem é que requerem impregnação posterior com outros plásticos.

MILLER (1965) relatou que os materiais e as técnicas utilizadas em seu trabalho, seguiram com algumas modificações, as recomendações dadas por Bartelli. O autor fez uma impregnação preliminar (sob vácuo) com mistura de Glyptal (General Electric Company, Estados Unidos) e solvente Nº 1511 na razão de 10:1. Para o endurecimento completo a amostra foi posteriormente impregnada com mistura de 45% de Castolite, 55% de monômero de estireno e 6 - 10 gotas de catalisador peróxido

de metil etil cetona por 100 ml de resina, feita penetrar na amostra sob a pressão de 5 mm de Hg. Após a gelatinização da amostra esta era aquecida durante 12 horas a 40°C e depois a temperatura era elevada a uma razão não superior a 15°C por hora, até atingir 100°C onde permaneceu por uma hora.

LANGTON & LEE (1965) relataram um método que praticamente eliminava a contração e ruptura da "fabric" natural de Histossóis. Utilizaram a resina Carbofax 6000 para a impregnação, e na montagem da amostra na lâmina, Castoglas (Castolite Company, Illinois, Estados Unidos).

DOBELL & DAY (1966) sugeriram a utilização da resina Scotchast Nº 3 (Minnesota Mining & Manufacturing, Minnesota, Estados Unidos) na preparação de secções delgadas de sedimentos friáveis ou minerais pesados. A viscosidade da mesma é extremamente baixa e as amostras impregnadas puderam ser serradas, desgastadas e montadas com facilidade, asseguraram os autores.

GILE (1967) sugeriu um método simplificado para a impregnação de amostras de solo com uma quantidade relativamente pequena de materiais e tempo. Como material impregnante utilizou a resina Laminac diluída com acetona. Inicialmente as amostras eram secas em estufa a 90°C por uma noite, e após esfriarem em um dessecador recebiam a mistura impregnante, constituída de 3,5 partes do solvente para uma da resina e 35 gotas de catalisador Lupersol DDM (Lucidol Division, Pennwalt Corporation, Nova Iorque) para cada 1 000 ml de solução. Cobertas com um prato de alumínio, que possuía um orifício de 6 mm de diâmetro, as amostras eram deixadas curando por três dias, quando então o prato de alumínio era removido e a evaporação continuava até que a solução se tornasse viscosa (usualmente em cerca de dois dias). Assim curadas, as amostras eram novamente levadas à estufa a 90°C até completa solidificação, só sendo removidas da mesma quando frias.

CAMPOS (1968) utilizou a técnica de Dalrymple na impregnação de amostras de solo, introduzindo as seguintes modificações: (a) em vez de tubos de vidro usou recipientes de alumínio; (b) imergiu as amostras na goma em excesso de xilol ao invés de colocá-las primeiro no xilol e depois na goma aquecida; (c) a relação de goma para a de xilol foi de 2:1.

SINGH (1969) propôs um método para a impregnação de solos argilosos independentemente de sua mineralogia e grau de saturação. O ar e a água dos poros da amostra de solo eram substituídos por monômero de estireno. A amostra era a seguir impregnada com a resina Araldite (Ciba Ltd., Duxford, Cambridge, Inglaterra) e curada à temperatura de 55°C. O método forneceu secções delgadas excelentes e solos montmorilloníticos puderam ser tratados com o maior grau de sucesso possível.

PETTAPIECE & ZWARICH (1970) usaram amostras secas ao ar de torrões com 4 x 2 x 2 cm que foram impregnadas com mistura de Castolite e monômero de estireno na proporção de 1:1, seguindo essencialmente o método proposto por Buol e Fadness.

TEIXEIRA MENDES et al (1971), na impregnação sob vácuo equivalente à pressão de 27 polegadas de Hg de amostras de solo secas a 60-80°C, utilizaram uma mistura de 55% da resina poliéster Polylite T 213 (Resana S/A - Indústrias Químicas, São Paulo), 45% de monômero de estireno e 6 gotas de catalisador peróxido de metil etil cetona por 100 ml da resina. Os autores fizeram mais de 100 lâminas de solos e argilas com resultados amplamente satisfatórios.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração do presente trabalho foram utilizados os materiais e métodos descritos a seguir:

#### 3.1. Materiais

Foram incluídos como materiais os solos, o material usado na impregnação e os aparelhos e utensílios.

##### 3.1.1. Solos

O trabalho proposto tem como objetivo o estudo microscópico das cutans em alguns perfis de solos que ocorrem no Estado de São Paulo. Selecionaram-se assim, através do trabalho da COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960), dois grandes grupos de solos: Latossol Roxo e Terra Estruturada. Da primeira

unidade de mapeamento foram estudados dois perfis situados no Município de Piracicaba, e da segunda, dois perfis localizados no Município de Botucatu.

A classificação dos perfis estudados de acordo com diversos autores acha-se representada no Quadro 1.

Os perfis  $P_1$  e  $P_2$  estão localizados a 2 km da margem direita da rodovia que liga a cidade de Piracicaba a Santa Bárbara D'Oeste, e a 12 km da primeira, sendo o perfil  $P_1$  situado na parte alta da encosta, e o  $P_2$  na parte média da mesma. Algumas características morfológicas de ambos acham-se apresentadas no Quadro 2.

Os perfis  $P_3$  e  $P_4$  estão localizados a 7 km da cidade de Botucatu e a 200 m da margem esquerda da rodovia que a liga ao distrito de Vitoriana, sendo o perfil  $P_3$  localizado na meia encosta e o  $P_4$  distante 300 m do  $P_3$ , na parte baixa da encosta. Algumas características morfológicas de ambos acham-se apresentadas no Quadro 3.

### 3.1.2. Materiais usados na impregnação

Resina Polylyte T 213 produzida pela Resana S/A, Indústrias Químicas, S.P., cujas características são as seguintes: é uma resina poliéster, rígida, de baixa reatividade, de alta viscosidade, com sistema especial de promotor para rápida cura a frio. No estado líquido apresenta:

Teor de estireno .....	29 - 31 %
Cor .....	azulada.
Viscosidade .....	1700 - 2300 cps
Peso específico .....	1,144 - 1,154
Compatibilidade com estireno .	infinita
Solventes .....	cetonas, ésteres, etc.



Unidade de Mapeamento	Perfil	COMISSÃO DE SOLOS (1960)	RANZANI <u>et al</u> (1966)	SOIL SURVEY STAFF (1967)
I	P <sub>1</sub>	Latossol Roxo	Série Iracema	Oxissol
	P <sub>2</sub>	Latossol Roxo	Série Iracema	Oxissol
II	P <sub>3</sub>	Terra Roxa Estruturada	-	Alfissol
	P <sub>4</sub>	Terra Roxa Estruturada	-	Alfissol

Quadro I - Designação e classificação dos perfis das duas unidades de mapeamento segundo a COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960), RANZANI et al (1966) e o SOIL SURVEY STAFF (1967).

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor úmida	Textura	Estrutura	Consistência molhada	Cerosidade
<u>PERFIL P<sub>1</sub></u>						
Ap	0-23	10 R 3/3	argila	granular, pequena a média, forte	plástico e pegajoso	-
B <sub>21</sub>	23-48	2,5 YR 3/4	argila	granular e blocos, média, moderado	plástico e pegajoso	fraca
B <sub>22</sub>	48-103	2,5 YR 3/4	argila	blocos subangulares, muito pequena, fraco	ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	-
B <sub>23</sub>	103-198	2,5 YR 3/6	argila	blocos subangulares, pequena, muito fraco	ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	-
<u>PERFIL P<sub>2</sub></u>						
Ap	0-23	5 YR 3/3	argila	granular e blocos, média, moderado	plástico e pegajoso	-
B <sub>21</sub>	23-73	2,5 YR 3/6	argila	granular e blocos, média, forte	plástico e pegajoso	fraca
B <sub>22</sub>	73-140	2,5 YR 3/4	argila	blocos, média, fraco	ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	-
B <sub>23</sub>	140-204	2,5 YR 3/4	argila	blocos, pequena, muito fraco	ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	-

Quadro 2 - Algumas características morfológicas dos perfis P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>.

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor úmida	Textura	Estrutura	Consistência molhada	Cerosidade
<u>PERFIL P<sub>3</sub></u>						
Ap	0-8	10 R 3/6	barro-argilosa	grumosa, grande a muito grande, moderado	plástico e pegajoso	-
A <sub>3</sub>	8-31	10 R 3/5	barro-argilosa	prismática, grande, fraco	plástico e pegajoso	fraca
B <sub>1</sub>	31-90	10 R 3/4	barro-argilosa	blocos subangulares, grande, fraco	plástico e muito pegajoso	fraca
E <sub>21</sub>	90-160	10 R 3/4	barro-argilosa	blocos subangulares, grande, fraco	plástico e pegajoso	moderada
B <sub>22</sub>	160-200	10 R 3/6	barro-argilosa	maciça	plástico e pegajoso	forte
<u>PERFIL P<sub>4</sub></u>						
Ap	0-15	2,5 YR 3/4	argila	blocos subangulares e granular, pequena, moderado	plástico e pegajoso	fraca
B <sub>21</sub>	15-41	2,5 YR 3/6	argila	prismática, grande a muito grande, forte	plástico e pegajoso	forte
B <sub>22</sub>	41-73	2,5 YR 3/6	argila	prismática e blocos subangulares, média a grande, forte	ligeiramente plástico e pegajoso	forte
B <sub>23</sub>	73-122	2,5 YR 3/6	argila	prismática, pequena a média, fraco e blocos subangulares, média a grande, fraco	ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso	moderada

Quadro 3 - Algumas características morfológicas dos perfis P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

Monômero de estireno.

Peróxido de metil etil cetona (peróxido de MEK, produzido pela Resana S/A, Indústrias Químicas, S.P.).

Frascos cilíndricos de vidro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e 7 cm de altura.

### 3.1.3. Aparelhos e utensílios

Microscópio petrográfico. Utilizou-se um, de fabricação da Ernest Leitz Wetzlar, Alemanha, modelo Dialux-Poll. Uma câmera marca Minolta SRT-101 acoplada ao microscópio foi utilizada na obtenção das microfotografias.

Equipamento para o corte das amostras de solo impregnadas. Utilizou-se uma serra elétrica com disco de diamante produzida pela Felker Di-Met Manufacturing Company, Estados Unidos, modelo 11 R.

Equipamento para desgaste das seções. Esta operação foi realizada em um prato de lapidação rotativo de fabricação da R. Fuess, Alemanha.

Equipamento para impregnação. Este aparelho (Foto 1) foi montado no Laboratório de Mineralogia de Solos (Departamento de Solos e Geologia da ESALQ, USP) baseado em um apresentado por BREWER (1964), adaptando-se a um dessecador a vácuo um reservatório para resina (A) e uma mesa com tampo giratório (B) para a impregnação de várias amostras. A mesa é girada com o auxílio de um ímã (C). O vácuo é feito com uma bomba (D) provida de vacuômetro e motor de 1/4 de HP.

Chapa aquecedora de lâmina. Utilizou-se uma, de fabricação da Eberbach Corporation, Michigan, Estados Unidos.

Estufa com regulagem de temperatura. Foi utilizada uma, modelo 1078 1/2, de fabricação da WM. Boekel and Company, Inc., Philadelphia, Estados Unidos.

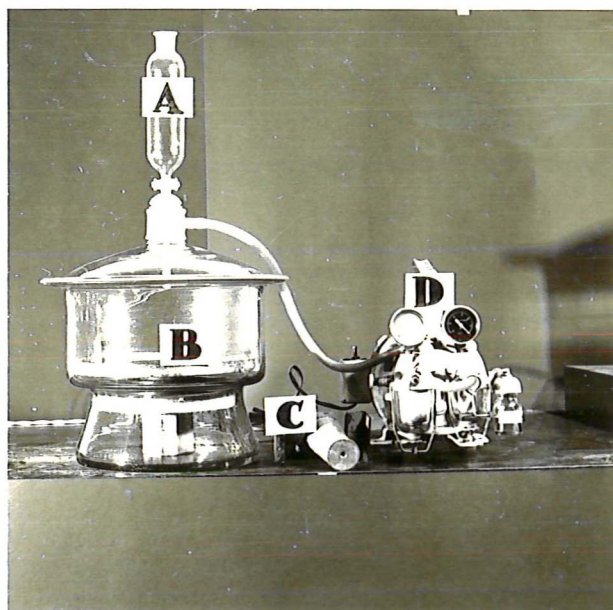


Foto 1 - Equipamento utilizado para impregnaçãõ

### 3.2. Métodos

Foram considerados neste ítem, os métodos de trabalho no campo e no laboratório.

#### 3.2.1. Método de trabalho no campo

Para a coleta das amostras foram abertas trin -

cheiras de 2 m de profundidade. A delimitação dos horizontes foi feita através de suas características diferenciais, tendo a morfologia obedecido às recomendações de RANZANI (1963).

As amostras orientadas foram coletadas por horizonte e em duplicata. Horizontes com mais de 30 cm de espessura foram subdivididos, e cada uma destas, amostradas separadamente.

### 3.2.2. Método de trabalho no laboratório

#### 3.2.2.1. Preparo da amostra

As amostras foram modeladas como cilindros de aproximadamente 4 cm de altura por 3 cm de diâmetro, sendo deixadas secar ao ar por 24 horas mais ou menos. A seguir, por outras tantas foram colocadas em estufa a 60 - 80°C para que a umidade restante fosse eliminada o mais possível, facilitando assim a penetração e polimerização da resina.

As amostras numeradas e assim preparadas foram colocadas nos frascos de vidro.

#### 3.2.2.2. Impregnação

O método usado aqui foi aquele proposto por TEIXEIRA MENDES et al. (1971).

Inicialmente tomou-se o cuidado de lubrificar a válvula de saída de ar e os bordos da tampa do aparelho com "Dow Corning High Vacuum Grease" (Dow Corning Corporation, Michigan, Estados Unidos) a fim de impedir a entrada de ar quando se fazia o vácuo.

Estando as amostras no aparelho, este foi tampado, mantendo-se fechada a saída de resina e abrindo-se a válvula de entrada e saída de ar conectada à bomba de vácuo posta a funcionar.

Fez-se um vácuo equivalente à pressão de 27 polegadas de mercúrio, deixando-se o dessecador permanecer nesta por 5 minutos, para eliminação do ar da amostra.

A solução de 55% de Polylite T 213, 45% de monômero de estireno e 6 gotas de catalisador peróxido de metil etil cetona por 100 ml de resina foi então colocada no reservatório e deixada escorrer lentamente dentro do frasco com a amostra.

Sob a pressão considerada, a resina borbulhava devido ao desprendimento de gases à medida que atravessava o tubo do reservatório e enquanto enchia o frasco com a amostra, sendo o borbulhamento suave.

Quando o nível da resina no frasco atingia uma altura de 1 a 2 cm acima do topo da amostra, fechava-se a saída de resina e colocava-se outra amostra sob o tubo do reservatório com a ajuda do ímã.

Periodicamente a pressão era verificada.

Após terem sido todas as amostras (em número de 10 no presente caso) cobertas com a resina, eram deixadas a borbulhar por alguns minutos e, quando este se tornava mínimo devido tornar-se a resina um pouco mais viscosa à medida que o estireno era evaporado, o ar era lentamente admitido no dessecador. A pressão de aproximadamente uma atmosfera agia forçando a resina para dentro dos poros da amostra.

Retirados do dessecador, os frascos eram deixados repousar até a polimerização da resina. Com a quantidade

de catalisador usada, a gelatinização se dava em 3 a 4 dias e o completo endurecimento dentro de mais 6 a 7 dias. Para finalizar o processo de cura, as amostras eram colocadas em estufa a 105 - 110°C durante 12 horas.

### 3.2.2.3. Corte

Secções da amostra impregnada, com cerca de 0,5 cm de espessura, foram obtidas na serra com disco de diamante.

### 3.2.2.4. Montagem da amostra

Após o corte, uma das faces da secção foi polida manualmente sobre placa de vidro com abrasivo umedecido com querosene. Fez-se uso inicialmente do Carborundum de número 600 passando-se depois para os de números 1000 e 1200 sucessivamente. A seguir a secção foi limpa com querosene e então enxaguada com acetona, estando pronta para ser montada na lâmina de vidro própria para microscopia.

Esta lâmina, de 2,6 x 4,6 cm, foi limpa, rotulada e colocada na chapa aquecedora de lâmina. Um copo de 50 ml contendo o cimento Lakeside 70 (Hugh Courtright and Company, Illinois, Estados Unidos) foi também aquecido na chapa até derreter, quando então foi aplicado sobre a lâmina com um bastonete e espalhado sobre toda a área a acomodar a face polida da amostra a ser colada.

Uma vez colada, a amostra era removida da chapa aquecedora e pressionada contra uma superfície plana até o endurecimento do Lakeside.



### 3.2.2.5. Desgaste e polimento

Colada na lâmina, a mostra de solo foi levada ao prato de lapidação rotativo e desgastada com abrasivo. Inicialmente usou-se um abrasivo mais grosseiro - Carborundum de número 80 - passando-se sucessivamente para os mais finos - de números 120 e 600 - até que a lâmina atingisse a espessura de aproximadamente 0,05 mm. Neste momento o desgaste passou a ser sobre uma placa de vidro, com os abrasivos de números 1000 e 1200, a lâmina sendo afinada até ficar com mais ou menos 0,03 mm de espessura, quando então foi limpa com querosene e seca.

### 3.2.2.6. Análise óptica

As lâminas foram examinadas sob microscópio petrográfico unicamente com respeito às cutans.

Seguindo-se as recomendações de BREWER (1964), observaram-se:

(a) a natureza da superfície sobre a qual se depositaram: grânulo, agregado ou vazio.

(b) o modelo de orientação: forte (birrefringência contínua), moderada (birrefringência micácea) ou fraca (birrefringência fraca).

(c) o grau de separação, que trata do grau de contraste entre o material cutânico e o não cutânico do solo, e mencionado como: ligeira, fraca, moderada e fortemente separado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações feitas, sob microscópio petrográfico das lâminas de solo em secções delgadas, são aqui apresentadas e discutidas nas diversas subdivisões do horizonte B de cada um dos perfis, seguindo-se principalmente as recomendações de BREWER (1964).

##### 4.1. Perfil P<sub>1</sub>

O exame das diversas lâminas do horizonte B<sub>21</sub> evidenciou a presença de material com características diferentes daquelas da matriz desse horizonte, e conforme será discutido adiante, muito provavelmente originário de iluviação. Como tal material achava-se recobrendo elementos do solo, foi considerado como cutânico.

As fotos 2 e 3 mostram o capeamento de agrega

dos por cutans, ambas tiradas da parte superior do horizonte  $B_{21}$ . Nelas pode-se notar a delgacidade das cutans. Por outro lado, a apresentação pelas mesmas, de forte grau de separação com a matriz e também de forte orientação, levou a que fossem enquadradas como provenientes de iluviação, pois segundo BREWER (1964), estas duas últimas características são fortemente diagnosticas de material coloidal que foi colocado em suspensão, transportado e redepositado. Também FREI & CLINE (1949) e McCALEB (1954) estabeleceram que a aparência em camadas dos minerais de argila continuamente orientada ao longo das paredes de poros, fendas e canais de raízes, constituem boa evidência do movimento físico das argilas dos horizontes superiores para a zona de máximo acúmulo de argila. Da mesma forma, SMECK *et al* (1968) citaram que a característica mais proeminente do horizonte  $B_{23t}$  nos solos Morley e Celina em Ohio, Estados Unidos, era a abundância de cutans iluviais com forte grau de separação com a matriz e forte orientação.

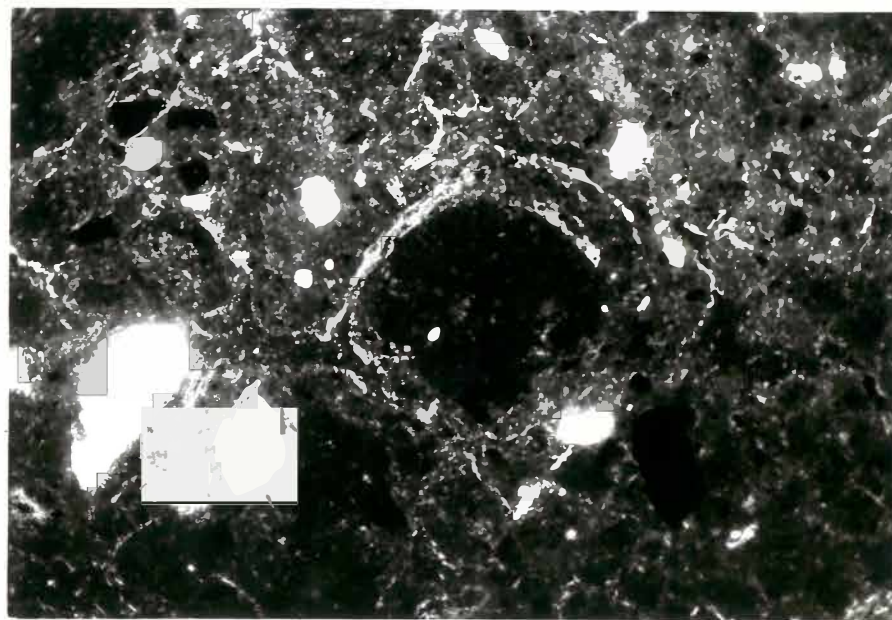


Foto 2 - Cutans capeando agregados. Parte superior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_1$ . Polarizadores cruzados, 114 x.

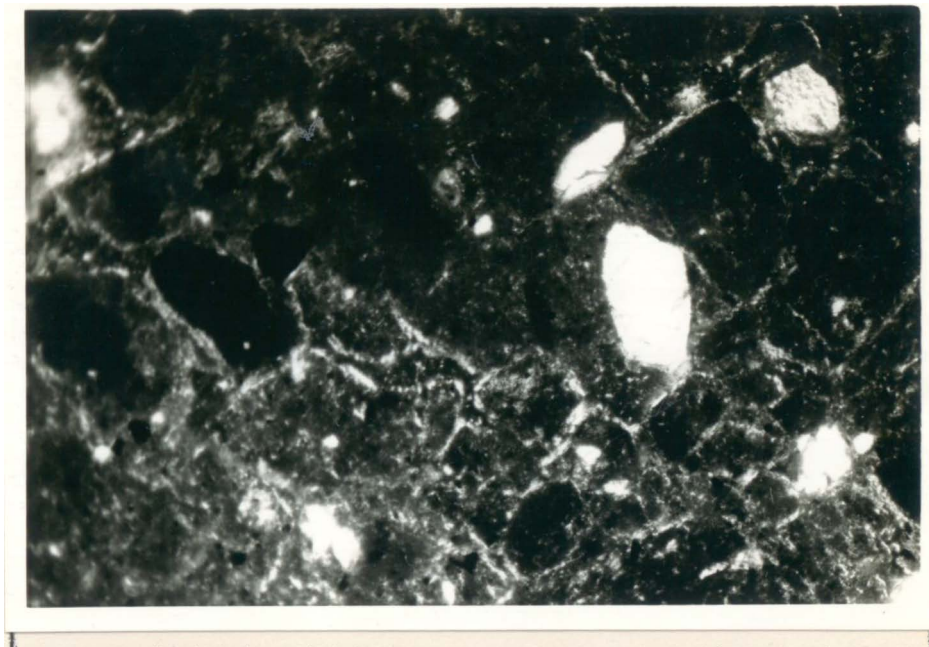


Foto 3 - Cutans capeando agregados. Parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>1</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

Nas fotos 4 e 5, tiradas da parte inferior do horizonte B<sub>21</sub> vêm-se respectivamente, cutans capeando agregados e forrando as paredes de um extenso canal.

Esta delgacidade das cutans iluviais não causou muita surpresa porque apesar de terem uma porosidade elevada, os latossóis normalmente apresentam uma pequena eluviação devido as suas próprias características físicas: as argilas em geral estão, ou floculadas ou formando microagregados de difícil eluviação.

Por outro lado, o serem as cutans iluviais descontínuas, isto é, não estarem capeando totalmente os agregados ou vazios, sugere que sendo este horizonte bastante próxi-

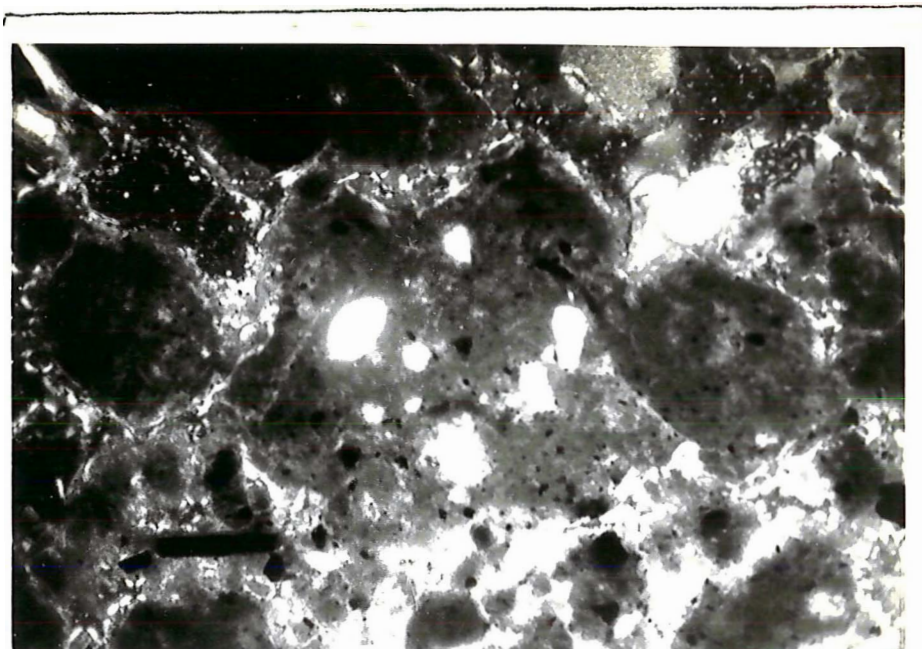


Foto 4 - Cutans capeando agregados. Parte inferior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_1$ . Polarizado - res cruzados, 114 x.

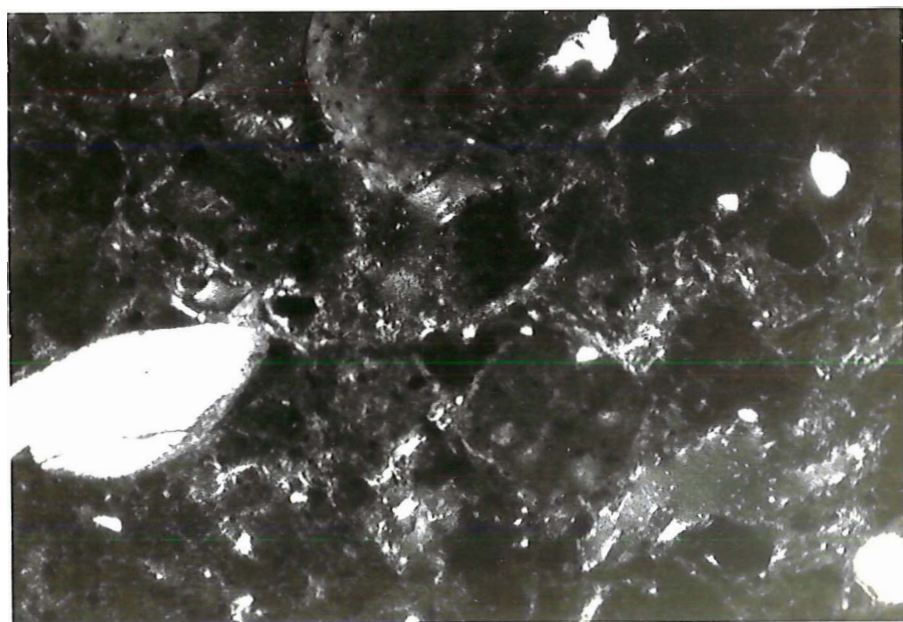


Foto 5 - Cutans forrando canal. Parte inferior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_1$ . Polarizadores cruzados, 114 x.



mo da superfície, está sujeito às perturbações inerentes à posição no perfil tais como, pressões por penetração de raízes e perturbações na massa do solo provocadas pela fauna e manejo. Fatos semelhantes já foram relatados por diversos autores (BUOL & HOLE, 1961; SMECK et al, 1968; PETTAPIECE & ZWARICH, 1970) que atribuíram a descontinuidade das cutans iluviais em horizontes superficiais, pelo menos em parte, a fatores como: forças de expansão e contração devidas ao molhamento e secagem e (ou) congelamento e degelo e, pressões de raízes, que são maiores perto da superfície e decrescem com a profundidade. Como BUOL & HOLE (1961) sugeriram, tais perturbações poderiam gerar o quebramento de velhos agregados e a formação de novos, que incorporariam o material cutânico, acumulado nas paredes de vazios e sobre os agregados, dentro de si. Já PETTAPIECE & ZWARICH (1970) atribuíram o aumento da densidade da matriz dos agregados na parte superior do horizonte  $B_{tI}$  dos solos Orthic Grey Wooded (Podzólico) e Orthic Dark Grey (Chernozem degradado) por eles estudados, à formação de agregados com cutans incorporadas devido a perturbações na massa do solo.

Segundo o SOIL SURVEY STAFF (1967) uma das principais características do horizonte argílico é a presença de concentrações de argila orientada provenientes de iluviação. Portanto, a presença das cutans iluviais neste horizonte  $B_{21}$  e a espessura deste, superior a 15 cm, sugerem a formação de um argílico.

Os horizontes  $B_{22}$  e  $B_{23}$  apresentaram-se inteiramente desprovidos de cutans, o que pode ser observado nas fotos 6 e 7.

Ainda segundo o SOIL SURVEY STAFF (1967) um horizonte no qual as cutans estejam ausentes, é forte indicação, entre outras características, de um horizonte óxico.

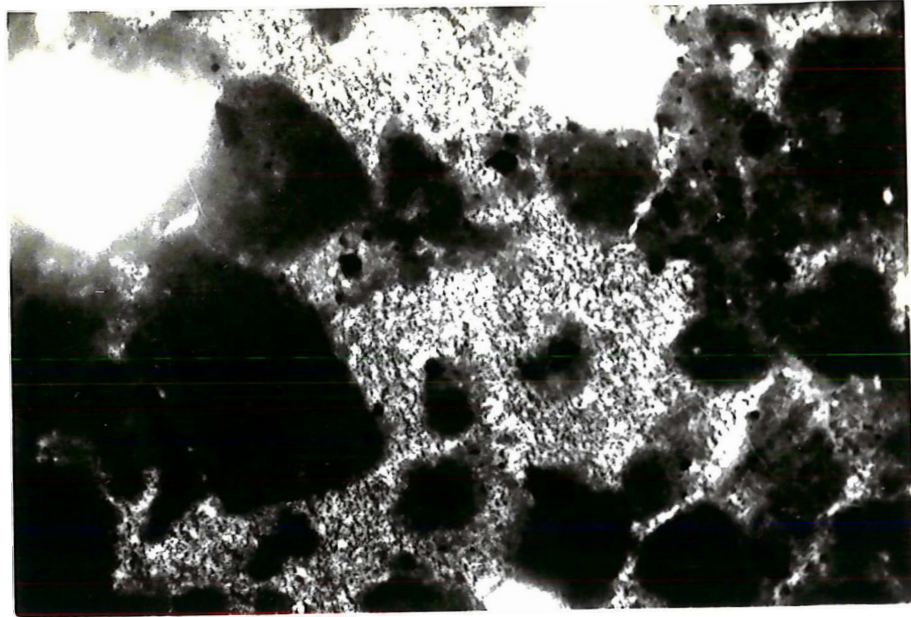


Foto 6 - Horizonte B<sub>22</sub>, perfil P<sub>1</sub>, desprovisto de cutans. Polarizadores cruzados, 114 x.

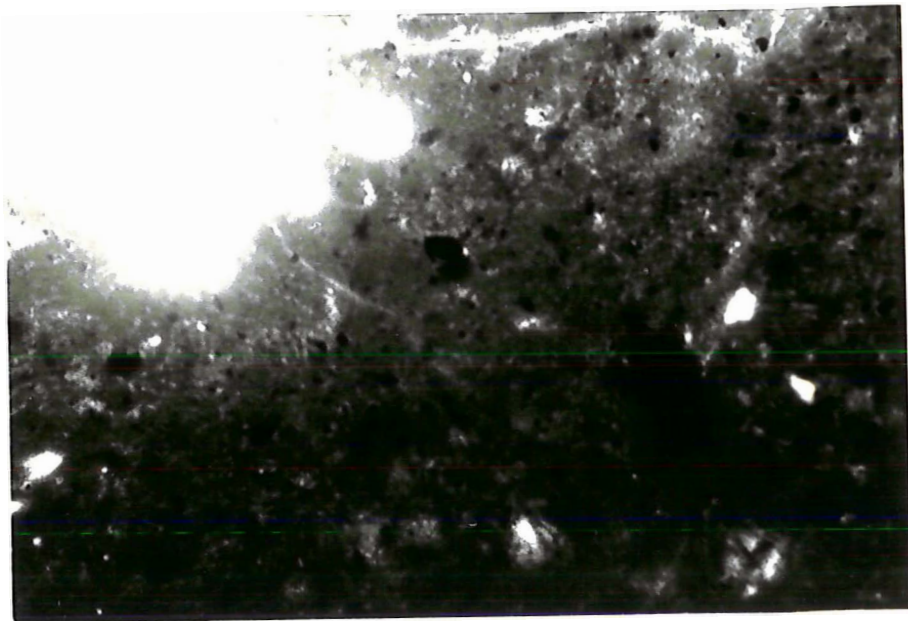


Foto 7 - Horizonte B<sub>23</sub>, Perfil P<sub>1</sub>, desprovisto de cutans. Polarizadores cruzados, 114 x.

#### 4.2. Perfil P<sub>2</sub>

Bem como para o correspondente horizonte B<sub>21</sub> do perfil P<sub>1</sub>, observou-se uma certa diferença entre a quantidade das cutans nas partes superior e inferior do horizonte: a quantidade de cutans presentes na parte superior era menor que a da parte inferior, se bem que a espessura fosse semelhante. A notou-se também para a parte superior deste horizonte, a presença de cutans consideradas delgadas, como pode ser visto na foto 8. No entanto, aquela descontinuidade observada para essa mesma parte no perfil P<sub>1</sub> não o foi neste perfil P<sub>2</sub>.

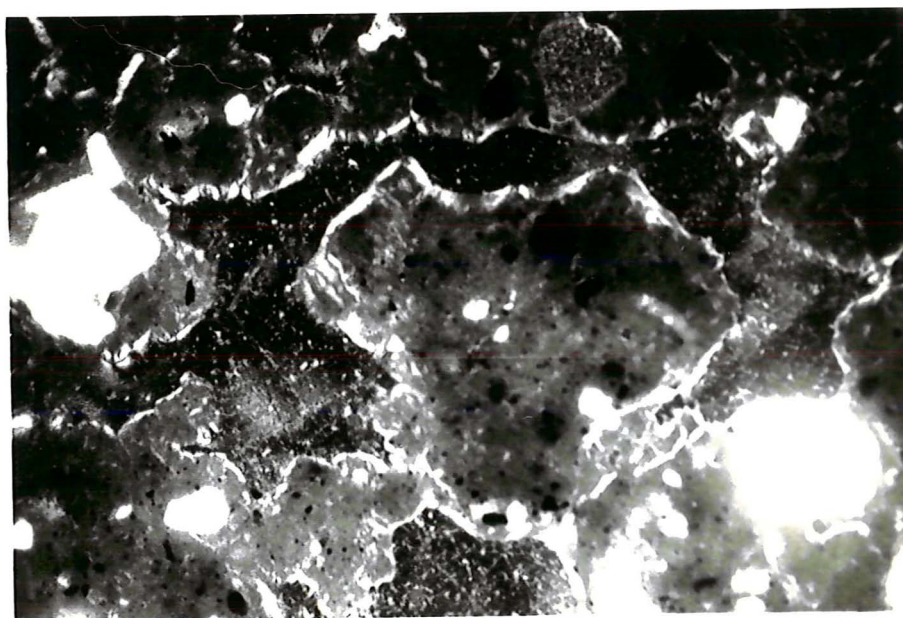
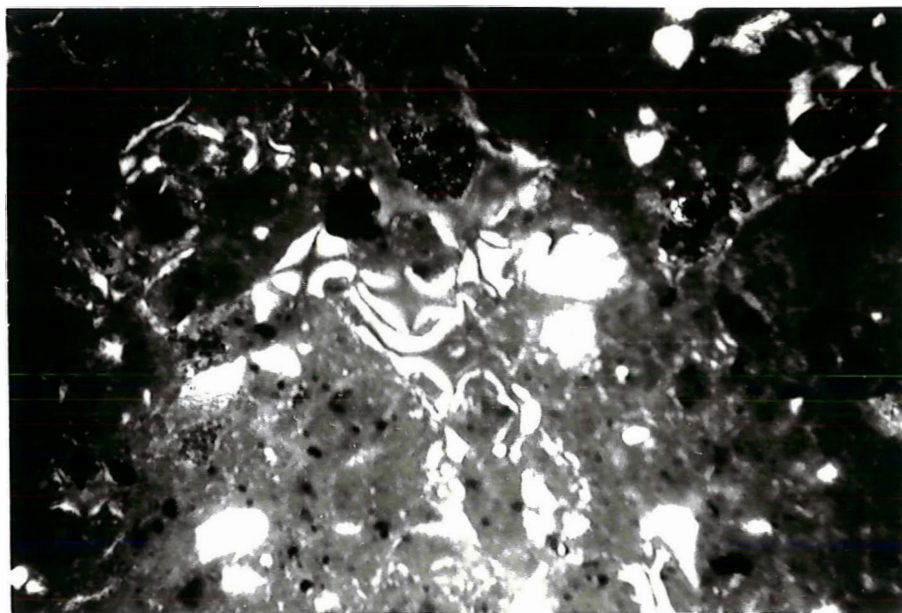


Foto 8 - Cutans delgadas na parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

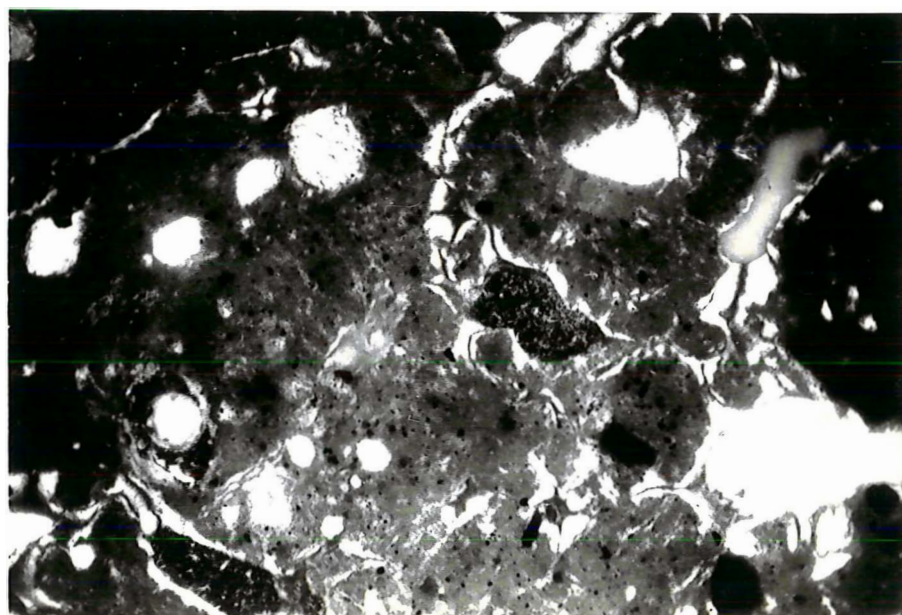
Nas fotos 9 e 10 tiradas da parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, podem-se notar as cutans capeando os agregados. Percebe-se também que a aparência das cutans é completamente diferente daquela do material por elas envolvido, e por esse





---

Foto 9 - Cutans capeando agregados na parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.



---

Foto 10 - Cutans capeando agregados na parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

motivo foi considerado como forte o grau de separação da mesma com a matriz. À medida que, com os polarizadores cruzados, girava-se a platina do microscópio, percebiam-se claramente as faixas de extinção da cutan percorrerem-na, sendo portanto contínua a birrefringência e conseqüentemente forte o modelo de orientação da cutan.

A foto 11 mostra os agregados sendo totalmente envolvidos pelas cutans, enquanto que a 12, além dos agregados embebidos nas cutans, exhibe também um extenso canal delineado por material cutânico, ambas as fotos tiradas da parte inferior do horizonte B<sub>21</sub>.

O estudo do horizonte B<sub>21</sub> revelou que, indubitavelmente este horizonte recebeu farta contribuição de material eluviado dos superiores. Esta observação foi deduzida através das secções delgadas que mostraram cutans iluviais que pratica

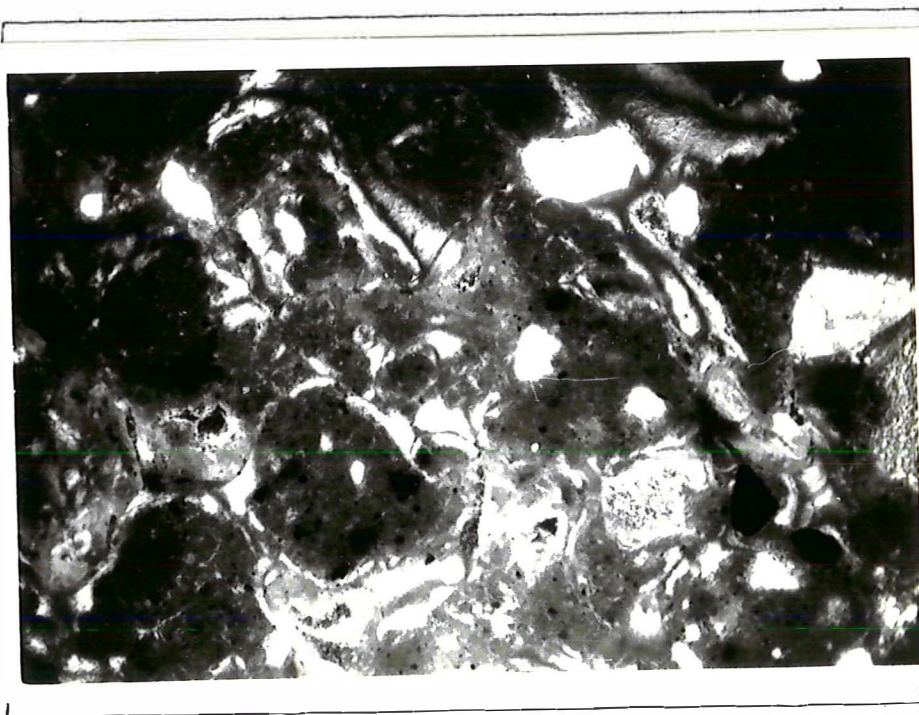


Foto 11 - Cutans envolvendo agregados. Parte inferior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

mente preenchiam todos os vazios entre os agregados. Aliada às propriedades que denotam o caráter iluvial da cutan, notou-se marcadamente a espessura das mesmas, que não só permitiu-lhes capear como interligar os agregados.

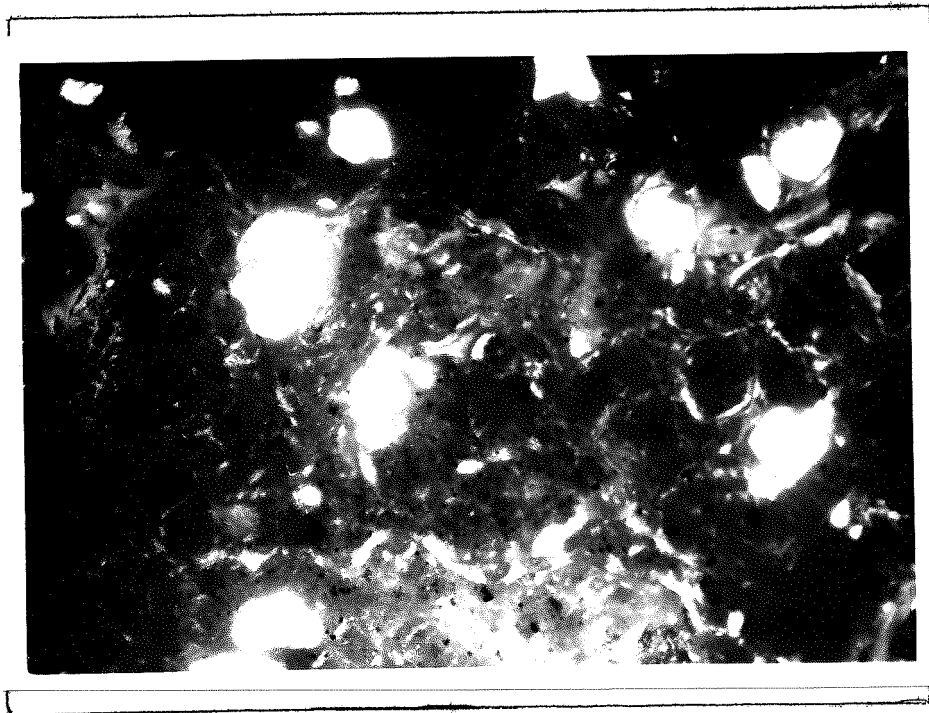


Foto 12 - Cutans capeando agregados e delineando um canal. Parte inferior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_2$ . Polarizadores cruzados,  $114\times$ .

Pode-se postular que a não observância de descontinuidade das cutans na parte superior do horizonte  $B_{21}$  seja devida por estar o perfil  $P_2$  numa situação de meia encosta e portanto sujeito às perdas inerentes à sua posição topográfica, acentuadas ainda pelo sistema de manejo em cultivo praticamente anual. Assim, aquela parte do horizonte textural sob a influência de tais condições já teria sido removida, restando um novo horizonte ainda não perturbado. Deste modo, se fossem anotadas no atual horizonte  $A_p$  a presença de cutans, cujas características denotassem serem elas iluviais, tal hipótese teria comprovação. As fotos 13 e 14, tiradas do horizonte  $A_p$ ,



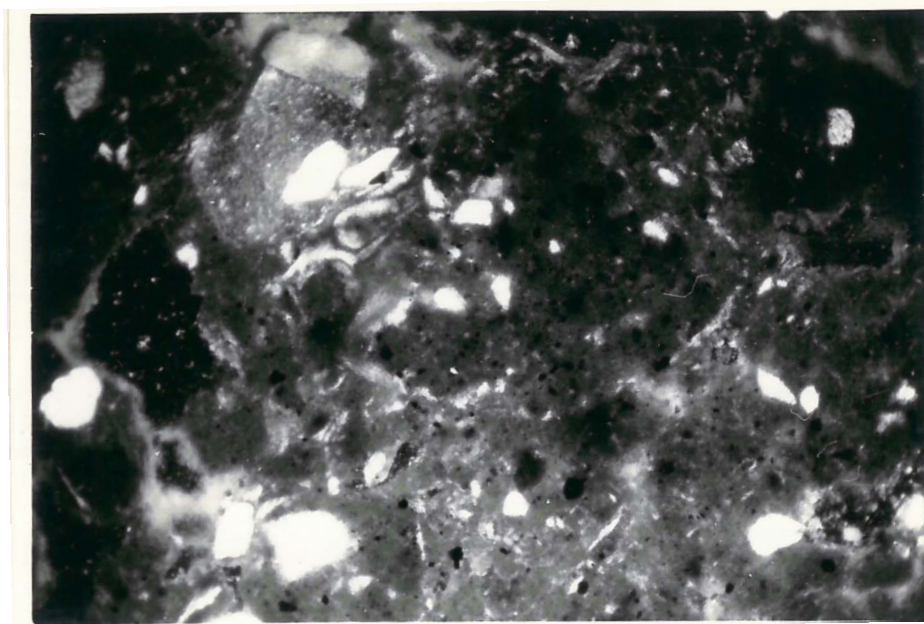


Foto 13 - Cutans no horizonte Ap, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

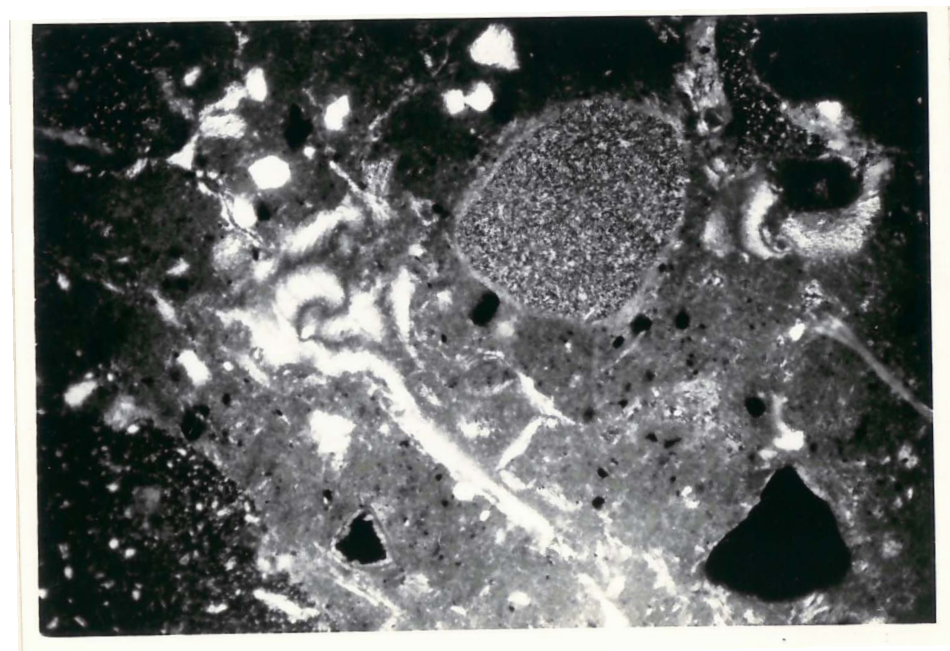


Foto 14 - Cutans no horizonte Ap, perfil P<sub>2</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

evidenciam claramente a presença de cutans iluviais, suportando pois a hipótese levantada.

O fato de serem mais delgadas as cutans iluviais presentes na parte superior do horizonte  $B_{21}$  sugere que estas possam estar sendo carregadas para a parte mais inferior, onde é bem maior a espessura das mesmas.

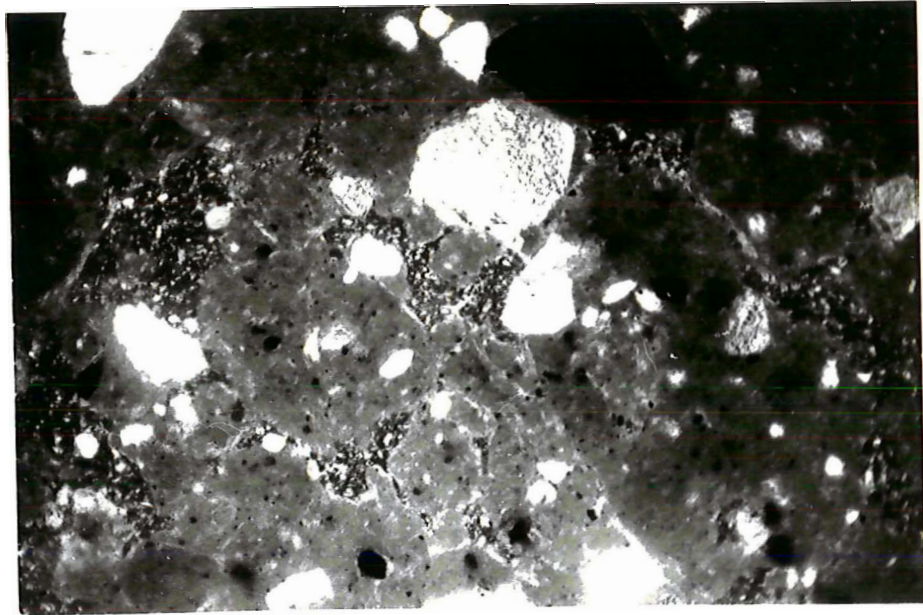
Tem-se notado ainda, que para os Latossóis Roxos que apresentam um horizonte argílico incipiente, à medida que se desce no relevo e mais próximo ao material de origem do solo, há um aumento da expressividade desse B argílico (comunicação verbal do professor Dr. José Luís Ioriatti Demattê, ESALQ). Assim, o ter-se encontrado uma quantidade de cutans muito maior no perfil  $P_2$  que no  $P_1$  pode ser deduzida do fato de o primeiro achar-se em uma posição mais baixa na topossequência e portanto mais junto ao material originário.

Também os horizontes  $B_{22}$  e  $B_{23}$ , assim como os correspondentes do perfil  $P_1$ , não apresentaram cutans, como se pode ver nas fotos 15 e 16, respectivamente. Estes dois horizontes enquadram-se pois, nas características de um horizonte óxico.

### 4.3. Perfil $P_3$

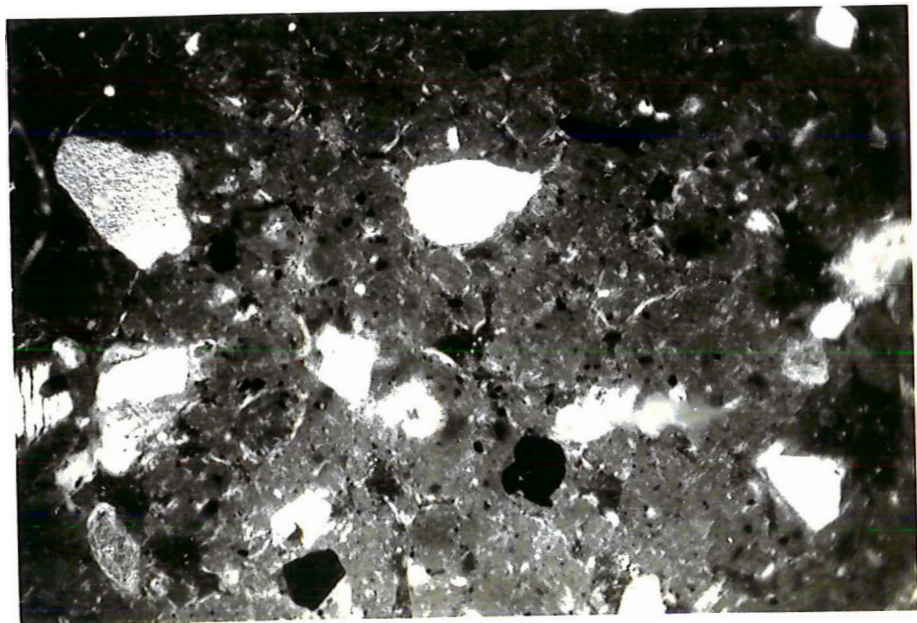
A cerosidade, descrita morfológicamente no item 3.1.1. do horizonte  $B_1$  como fraca, revelou-se nas secções delgadas como espessas cutans capeando agregados e delineando vazios tais como canais e poros.

Assim, na foto 17 observam-se cutans capeando as paredes de um extenso canal. Sendo, o grau de separação com a matriz e a orientação fortes, pelas razões já citadas foram



---

Foto 15 - Horizonte B<sub>22</sub>, perfil P<sub>2</sub>, desprovido de cutans. Polarizadores cruzados, 114 x.



---

Foto 16 - Horizonte B<sub>23</sub>, perfil P<sub>2</sub>, desprovido de cutans. Polarizadores cruzados, 114 x.



tais cutans enquadradas como iluviais.

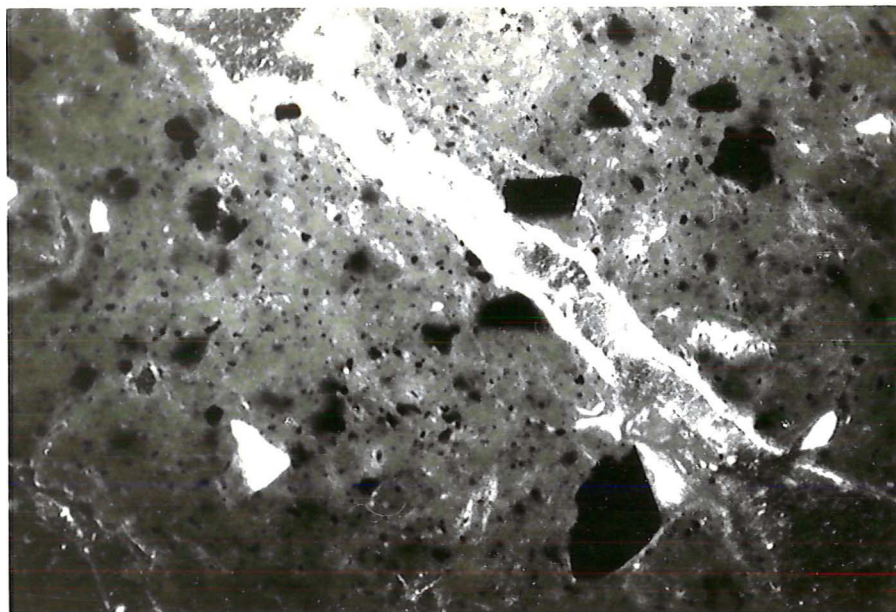


Foto 17 - Cutans delineando um canal, na parte superior do horizonte  $B_1$ , perfil  $P_3$ . Polarizadores cruzados,  $114\times$ .

A foto 18 mostra um grande e irregular vazio totalmente revestido por cutans iluviais. Já na foto 19 vê-se um canal revestido por uma cutan que quase o bloqueou em determinado ponto, além de pequenos vazios, também revestidos por cutans. A foto 20, tirada de uma posição mais inferior deste horizonte mostra cutans capeando agregados, apresentando as mesmas características daquelas da parte superior do horizonte.

No estudo do horizonte  $B_{21}$  notou-se que, apesar de a análise morfológica ter descrito cerosidade em grau moderado, somente naquela parte mais superior do horizonte, (primeiros 10 cm), em contato com o horizonte  $B_1$ , foram detectadas cutans. Assim, na foto 21 cutans capeando alguns agregados podem ser vistas.

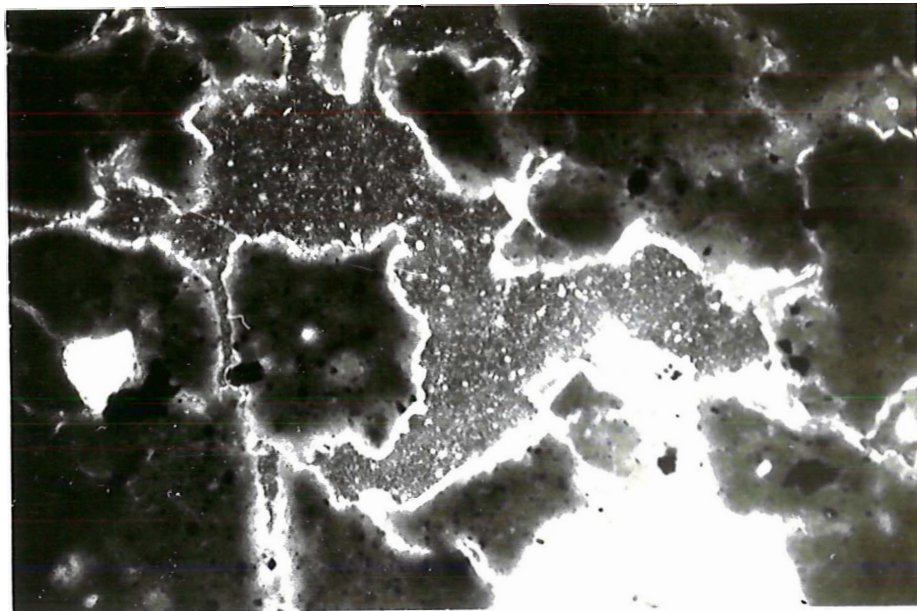


Foto 18 Cutans revestindo um vazio irregular, na parte superior do horizonte B<sub>1</sub>, perfil P . Polarizadores cruzados, 114 x.

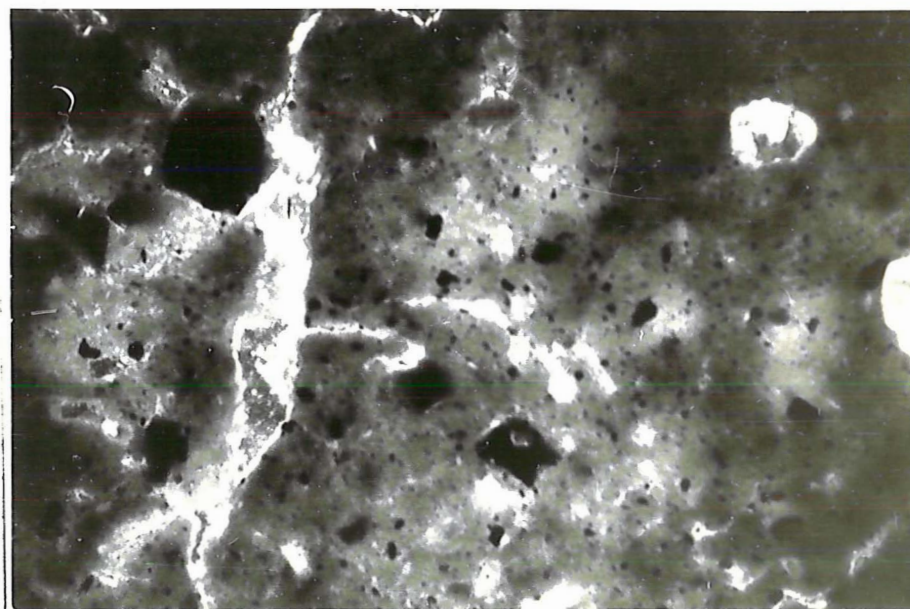


Foto 19 - Cutans revestindo um canal. Parte superior do horizonte B<sub>1</sub>, perfil P<sub>3</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.



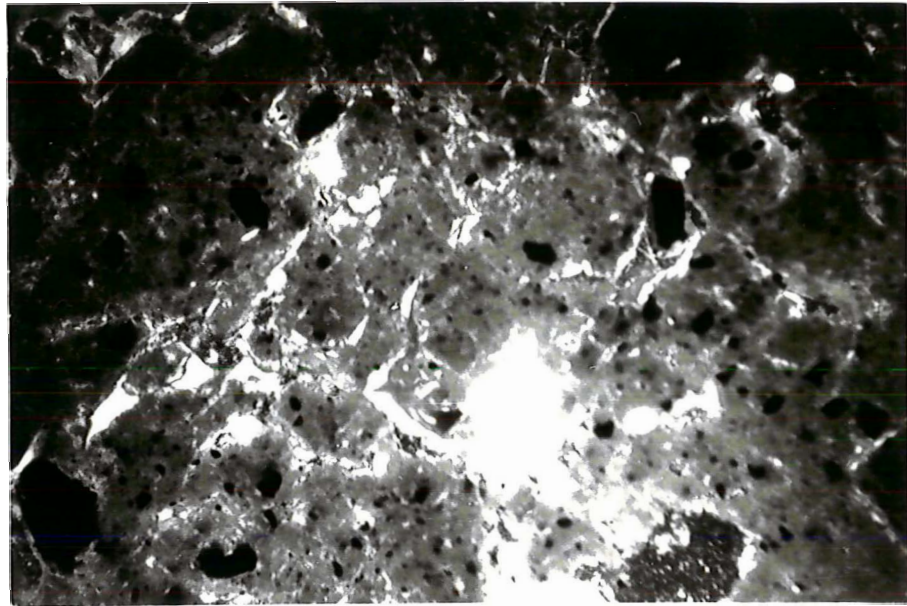


Foto 20 - Cutans capeando agregados. Parte inferior do horizonte  $B_1$ , perfil  $P_3$ . Polarizadores cruzados, 114 x.

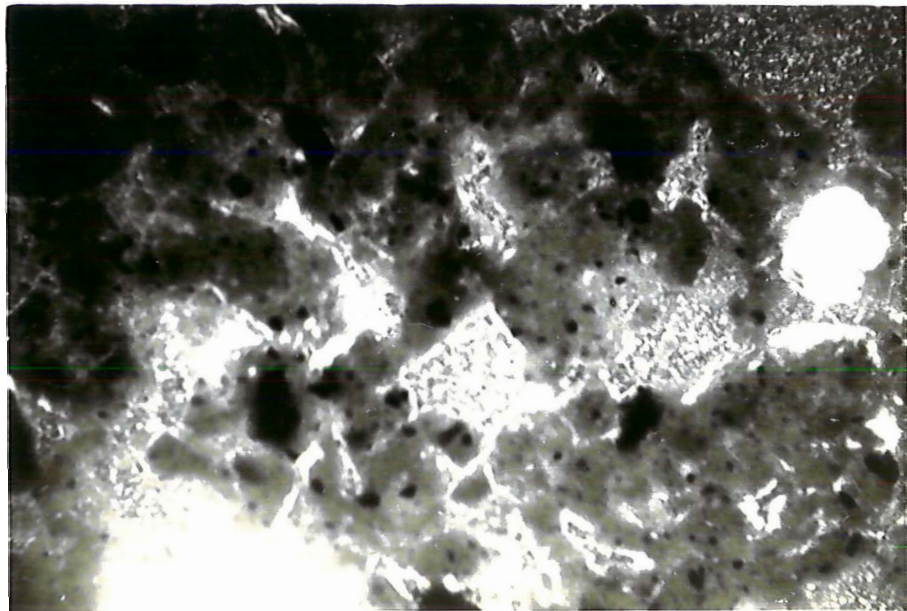


Foto 21 - Cutans capeando agregados. Parte superior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_3$ . Polarizadores cruzados, 114 x.

Todas as lâminas da outra parte deste horizonte  $B_{21}$  revelaram a completa ausência de cutans, como se percebe na foto 22. Tal resultado pode ser explicado da seguinte maneira: como o  $B_1$  apresenta grande teor de cutans iluviais, a presença desta característica na parte superior do horizonte  $B_{21}$  (primeiros 10 cm), leva a sugerir que estes 10 cm fazem parte do horizonte  $B_1$  e não do  $B_{21}$  como foi anotado na descrição morfológica.

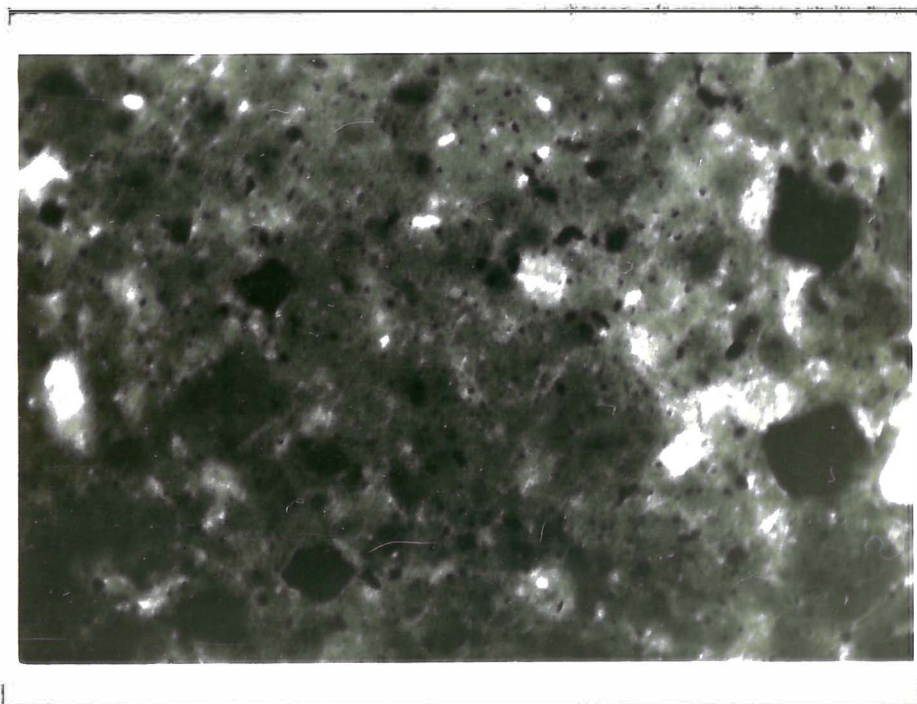


Foto 22 - Parte inferior do horizonte  $B_{21}$ , perfil  $P_3$ , desprovido de cutans. Polarizadores cruzados, 114 x.

A presença de grande quantidade de cutans, observadas através das secções delgadas no horizonte  $B_1$ , demonstra que o mesmo possui muito mais as características de um  $B_{2t}$  típico do que aquelas de um horizonte de transição. Neste caso, tal denominação de  $B_1$  deveria ser eliminada.

As secções delgadas do horizonte  $B_{22}$  mostraram

que não havia cutans (como se vê na foto 23). Tal fato discorda completamente das observações feitas na descrição morfológica deste horizonte que descreveu a presença de cerosidade em grau forte. Como fatores que podem ter induzido a que se detectasse no campo uma cerosidade cuja não existência foi comprovada micromorfolologicamente, podem-se citar a umidade e o material coloidal não transportado. Como NETTLETON et al (1969) relataram, corpos de argila orientada em horizontes B de textura média e fina podem erroneamente ser confundidos com as cutans. As observações feitas sugerem que isto pode ter ocorrido neste horizonte, e também confirmam que a presença de iluviação deve ser comprovada em laboratório através da técnica do estudo do solo em secções delgadas.

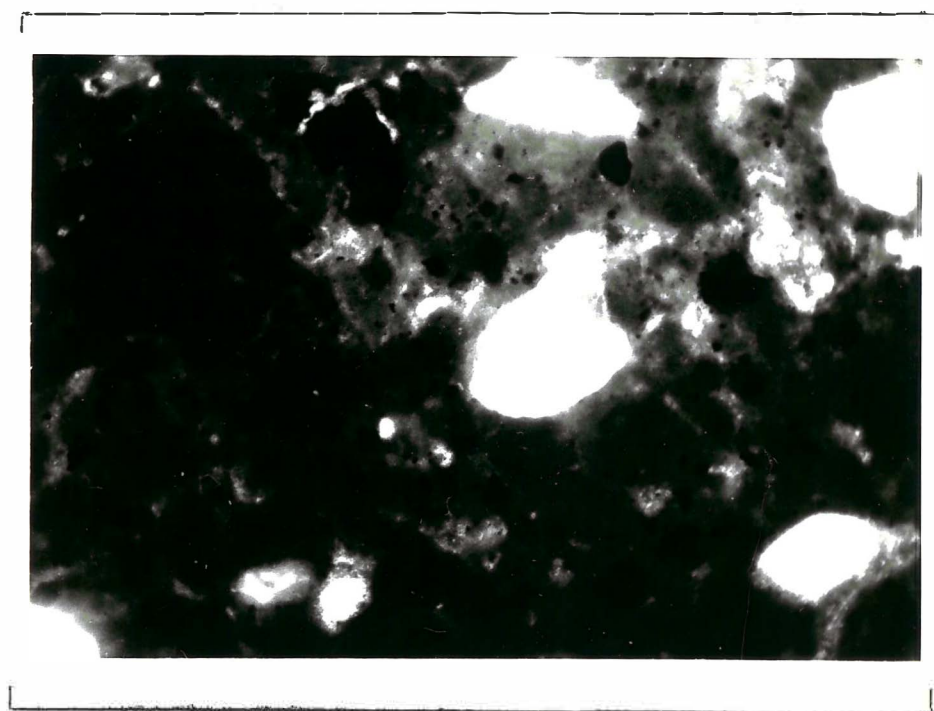


Foto 23 - Horizonte B<sub>22</sub>, perfil P<sub>3</sub>, desprovido de cutans. Polarizadores cruzados, 1114 x.

Dos resultados obtidos pôde-se deduzir que, as cutans presentes neste perfil P<sub>3</sub> são de natureza iluvial e bastante expressivas, isto é, houve significativa iluviação de material coloidal.

A presença de cutans até os primeiros centímetros do horizonte  $B_{21}$  sugeriu que o argílico atinge até esse ponto do perfil, englobando o horizonte  $B_1$  e esses primeiros centímetros do  $B_{21}$ .

A ausência de cutans, entre outras características que não cabem ser aqui discutidas, sugerem que após os primeiros centímetros do horizonte  $B_{21}$  inicia-se um horizonte óxico, que se continua através do  $B_{22}$  também desprovido de cutans, o que pôde ser comprovado pela foto 23.

#### 4.4. Perfil $P_4$

A presença de cutans no horizonte  $B_{21}$  deste perfil, foi registrada muito mais frequentemente forrando as paredes de vazios do que como capeamentos dos agregados.

Além disso, ao contrário do que se verificou para os demais perfis, a diferença registrada para as partes superior e inferior do horizonte  $B_{21}$ , manifestou-se pela maior quantidade de cutans na parte superior em vez de aparecerem na inferior, se bem que a espessura das mesmas não mostrasse diferença.

Examinando-se a parte superior do horizonte  $B_{21}$  notou-se que as cutans eram delgadas, e como se pode ver na foto 24 achavam-se delineando as paredes de vazios. Nessa mesma foto vêem-se dois pequenos vazios que se achavam praticamente obstruídos pelas cutans.

Já na parte inferior deste mesmo horizonte, as cutans, além de delgadas apresentavam-se em pequena quantidade. Na foto 25 vêem-se finas cutans forrando as paredes de pequenos vazios.



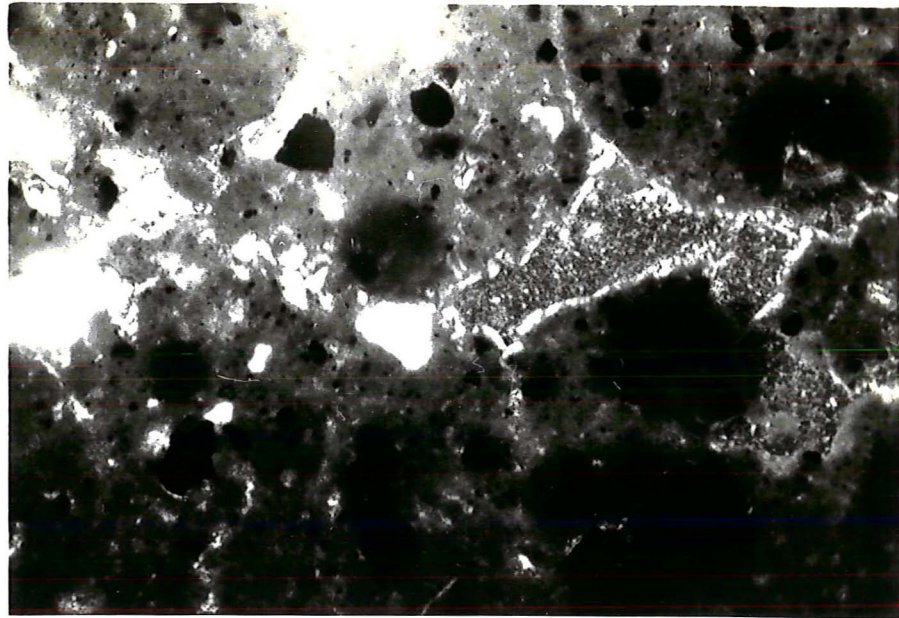


Foto 24 - Cutans delineando vazios. Parte superior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>4</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

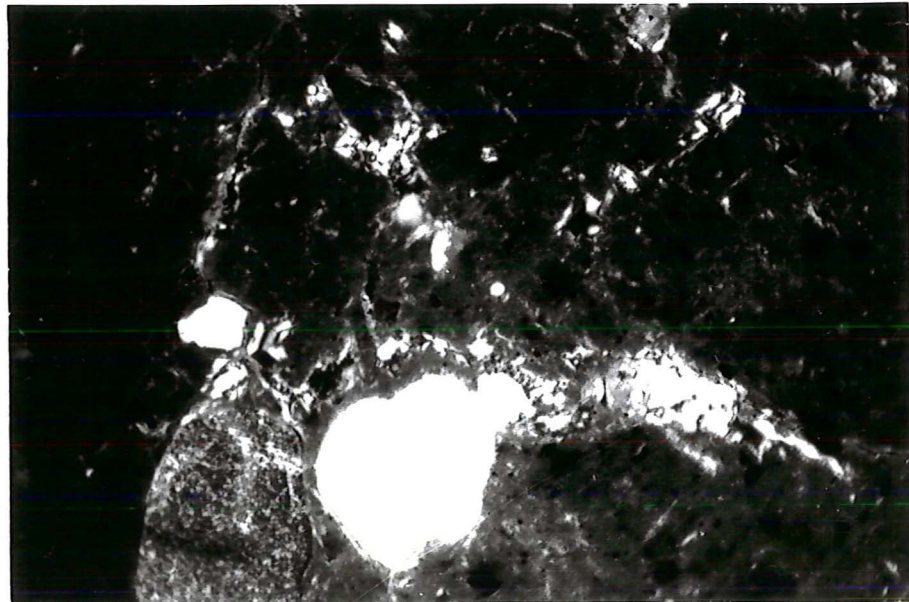


Foto 25 - Cutans delgadas delincando vazios. Parte inferior do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>4</sub>. Polarizadores cruzados, 114 x.

A apresentação de forte grau de separação com a matriz e forte orientação conduziu, como já se notou anteriormente, a que fossem colocadas como cutans iluviais.

O exame do horizonte  $B_{22}$  revelou que a presença das cutans no mesmo manifestou-se uniformemente, tanto nas partes superior como inferior, e também que quanto à espessura, mostraram-se semelhantes às do horizonte  $B_{21}$ . A foto 26 mostra cutans bem delgadas ao redor de agregados e em vazios, tirada da parte superior do horizonte, enquanto que a 27 mostra um aspecto semelhante somente que da parte inferior.

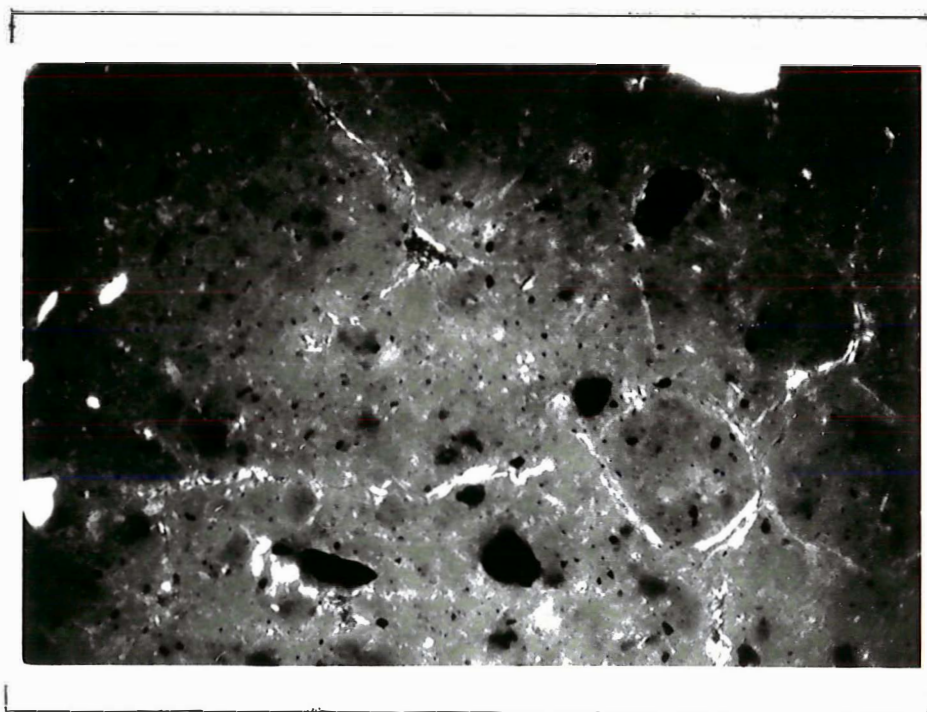


Foto 26 - Cutans capeando agregados e delineando vazios. Parte superior do horizonte  $B_{22}$ , perfil  $P_4$ . Polarizadores cruzados,  $114\times$ .

A não existência de cutans no horizonte  $B_{23}$ , contrariando pois a descrição morfológica, foi comprovada através do exame de diversas lâminas, sendo que uma vista de uma delas está apresentada na foto 28.



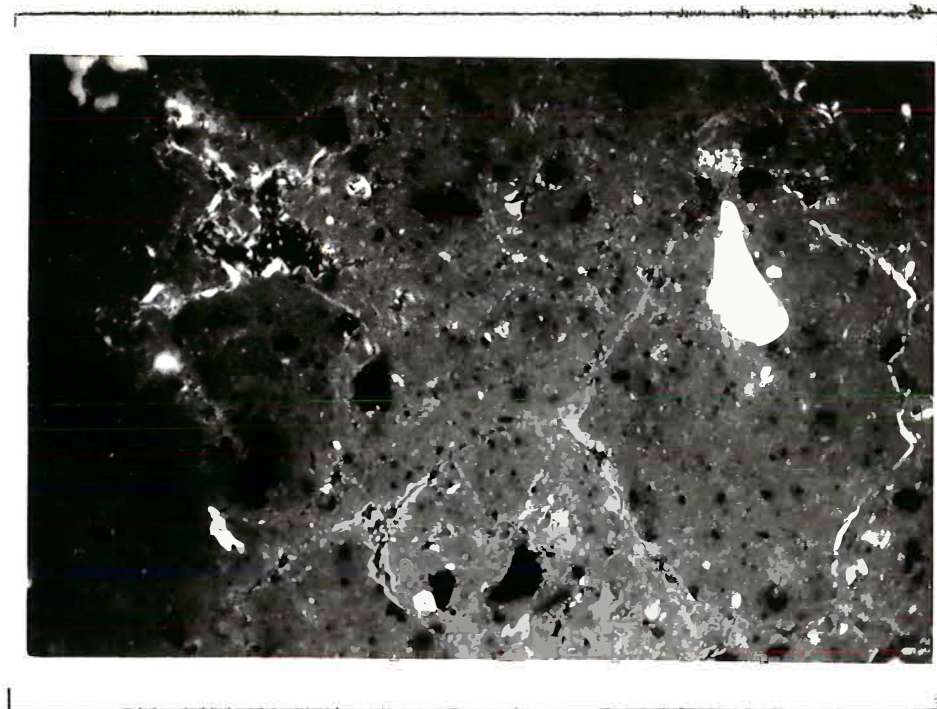


Foto 27 - Cutans capeando agregados. Parte inferior do horizonte  $B_{22}$ , perfil  $P_4$ . Polarizadores cruzados,  $114\times$ .

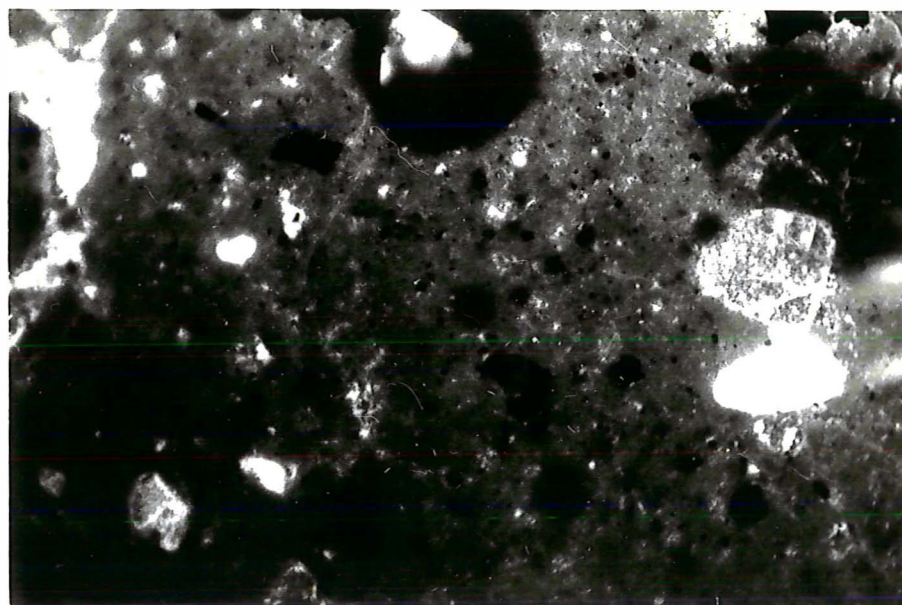


Foto 28 - Horizonte  $B_{23}$ , perfil  $P_4$ , desprovido de cutans. Polarizadores cruzados,  $114\times$ .

Da análise dos dados apresentados por este perfil, ressalta à primeira vista o que parece ser uma incoerência com o já exposto anteriormente: aquela parte superior do horizonte  $B_{21}$  que habitualmente apresentava-se com uma quantidade de cutans menor, e sendo estas descontínuas e esparsas, mostrou-se neste perfil como possuidora de cutans em maior quantidade que a parte inferior do horizonte e também com uma continuidade que não era peculiar.

A verificação da situação topográfica do perfil elucidou tal fato, visto achar-se ele na parte mais baixa da encosta e por conseguinte sujeito às perdas por erosão. Supõe-se assim, que aquela parte superior do perfil normal já houvesse sido decapitada e portanto a parte superior do horizonte, a que exibiria uma menor quantidade de cutans que seriam também descontínuas, seria no momento, o atual horizonte  $A_p$ . O estudo deste horizonte em secções delgadas revelou a presença de cutans iluviais esparsas e em quantidade muito pequena, como pode ser deduzido no exame da foto 29.

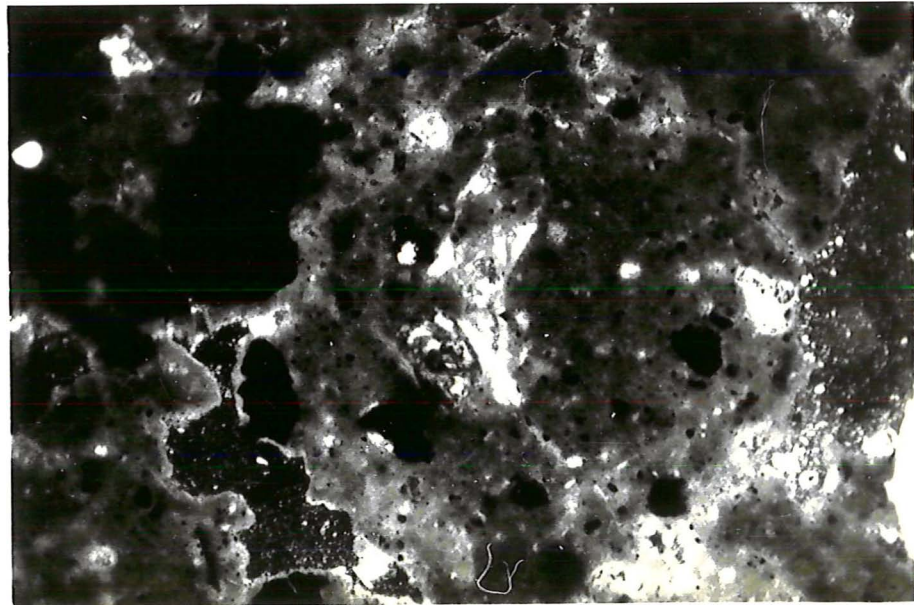


Foto 29 - Cutans do horizonte  $A_p$ , perfil  $P_4$ . Polarizadores cruzados,  $114\times$ .



## 5. CONCLUSÕES

5.1. A primeira conclusão refere-se à qualidade das secções delgadas obtidas, que mostraram que a resina Polylite T 213 convenientemente preparada é um ótimo material para a impregnação de amostras de solo.

5.2. As cutans encontradas nos quatro perfis estudados enquadram-se na classificação genética de BREWER (1964) como iluviais.

5.3. O horizonte argílico dos perfis  $P_1$  e  $P_2$  situa-se naquele descrito morfologicamente como  $B_{21}$ , enquanto que o do perfil  $P_3$  engloba o horizonte  $B_1$  e os primeiros 10 cm do  $B_{21}$ . Já no  $P_4$ , engloba o  $B_{21}$  e o  $B_{22}$ .

5.4. A presença de grande quantidade de cutans no horizonte  $B_1$  do perfil  $P_3$  sugere que sua denominação deveria ser mudada para  $B_{2t}$ .

5.5. A detecção de cerosidade em grau forte na análise morfológica do horizonte B<sub>22</sub> do perfil P<sub>3</sub> sugere que isto tenha se devido a fatores como umidade e material coloidal não transportado.

5.6. A técnica mais segura para a comprovação da iluviação de material coloidal é através do estudo do solo em secções delgadas, examinando-se a orientação das cutans.

5.7. A descontinuidade das cutans na parte superior dos horizontes considerados como argílicos, sugeriu que estes estão sob a influência de condições desfavoráveis ao acúmulo de cutans.

## 6. RESUMO

O presente trabalho teve por finalidade o estudo de cutans em dois perfis de solos da série Iracema pertencente ao grande grupo Latossol Roxo e em dois perfis de Terra Roxa Estrutura.

Tal estudo teve como base o exame das amostras dos perfis em secções delgadas, examinadas sob microscópio petrográfico.

O exame de uma boa quantidade de lâminas revelou a presença de cutans iluviais nos horizontes  $B_{21}$  dos Latossóis Roxos, no horizonte  $B_1$  e parte do  $B_{21}$  do perfil  $P_3$  (Terra Roxa Estruturada) e nos horizontes  $B_{21}$  e  $B_{22}$  do perfil  $P_4$  (Terra Roxa Estruturada).

A par ao estudo das cutans, desenvolveu-se pesquisa acerca de um bom material impregnante e de fácil aquisição para as nossas condições, concluindo-se que, a resina po-

liéster Polylite T 213 convenientemente preparada, é um excelente material para esse fim.

## 7. SUMMARY

The purpose of this work was the study of cutans in two soil profiles of the Iracema series, Roxo Latosol Great Group, and two profiles of Terra Roxa Estruturada.

The study was based on the exam, under the petrographic microscope, of thin sections prepared from oriented soil samples taken from the main horizons of the four profiles under study.

The exam of the thin sections revealed the presence of illuvial cutans in the  $B_{21}$  horizon of the Roxos Latosols, (profiles  $P_1$  and  $P_2$ ), in the  $B_1$  and part of the  $B_{21}$  horizons of profile  $P_3$  (Terra Roxa Estruturada) and in the  $B_{21}$  and  $B_{22}$  horizons of profile  $P_4$  (Terra Roxa Estruturada).

Research was also conducted on the performance of various impregnating materials. It was concluded that the

polyester resin, Polylite T 213 is an excellent material for this purpose.

## 8. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRADE, S.S. de 1971. Gênese e classificação de solos de três catenas nos Municípios de Piracicaba e Rio Claro. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre. 74 pp.
- ANDRONIKOV, V.L. and YARILOVA, E.A. 1968. Micromorphological diagnostics of Solonchaks soils in the southern Chernozem subzone. Ninth International Congress of Soil Science, Adelaide, Australia. Transactions IV: 467-479.
- BARTELLI, L.J. and ODELL, E.T. 1960. Laboratory studies and genesis of a clay-enriched horizon in the lowest part of the solum of some Brunizem and Gray-Brown Podzolic soils in Illinois. Soil Science Society of America Proceedings 24(5): 390-395.

- BENNEMA, J.; JONGERIUS, A. and LEMOS, R.C. 1970. Micro-morphology of some oxic and argillic horizons in south Brazil in relation to weathering sequences. *Geoderma* 4: 333-355.
- BOURBEAU, G.A. and BERGER, K.C. 1947. Thin sections of soils and friable materials prepared by impregnation with the plastic "Castolite". *Soil Science Society of America Proceedings* 12: 409-412.
- BREWER, R. 1955. Mineralogical examination of a Yellow Podzolic soil formed on granodiorite. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, *Soil Publication* 5: 28.
- BREWER, R. 1956. A petrographic study of two soils in relation to their origin and classification. *The Journal of Soil Science* 7(2): 268-279.
- BREWER, R. 1960a. Cutans: their definition, recognition and classification. *The Journal of Soil Science* 11(2): 280-292.
- BREWER, R. 1960b. The petrographic approach to the study of soil. Seventh International Congress of Soil Science, Madison, Wisconsin, U.S.A. *Transactions* 1: 1-13.
- BREWER, R. 1964. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. John Wiley and Sons, Inc., New York. xiii, 470 pp.
- BROWN, I.C.; RICE, T.C. and BYERS, H.G. 1933. A study of claypan soils. United States Department of Agriculture; *Technological Bulletin* 339.
- BUOL, S.W. 1960. Clay skin genesis in Wisconsin soils. A thesis submitted to the Graduate School of the University of Wisconsin in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. viii, 109pp.



- BUOL, S.W. and FADNESS, D.M. 1961. New method of impregnating fragile material for thin sectioning. Soil Science Society of America Proceedings 25(3): 253.
- BUOL, S.W. and HOLE, F.D. 1959. Some characteristics of clay skins on peds in the B horizon of a Gray-Brown Podzolic soil. Soil Science Society of America Proceedings 23(3): 239-241.
- BUOL, S.W. and HOLE, F.D. 1961. Clay skin genesis in Wisconsin soils. Soil Science Society of America Proceedings 25(5): 377-379.
- BUOL, S.W. and YESILOY, M.S. 1964. A genesis study of a Mohave sandy loam profile. Soil Science Society of America Proceedings 28(2): 254-256.
- CADY, J.G. 1950. Rock weathering and soil formation in the North Carolina Piedmont region. Soil Science Society of America Proceedings 15: 337-342.
- CAMPOS, D.A.F. 1968. Micropedologia, Contribuição ao estudo de solos de Piracicaba. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor. iv, 77 pp.
- CARVALHO, A. 1970. Study of Terra Roxa Estruturada and Latossolo Roxo on a topographic sequence in São Paulo State, Brazil. A thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Soil Science) of the University of Newcastle upon Tyne. iii, 93 pp.
- CLINE, M.G. 1949. Profile studies of normal soils of New York: I. Soil profile sequences involving Brown Forest, Gray-Brown Podzolic and Brown Podzolic. Soil Science 68(3): 259-272.

COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA. 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Boletim nº 11 do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 350 pp.

COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA. 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim nº 12 do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. xi, 634 pp.

DALRYMPLE, J.B. 1957. Preparation of thin sections of soils. The Journal of Soil Science 8(1): 161-165.

DEMATTE, J.L.I. 1968. Estudo pedológico de perfis da série Ibitiruna. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor. 83 pp.

DEMATTE, J.L.I. 1970. Gênese e classificação dos solos originados de sedimentos do grupo geológico Estrada Nova no Município de Piracicaba. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Livre-Docente. v, 123 pp.

DOBELL, J.P. and DAY, D.P. 1966. Preparation of thin sections of unconsolidated or friable sediments. Journal of Sedimentary Petrology 36(1): 254.

ESCOBAR, E.H. 1969. Gênese e classificação de alguns solos da Bacia do Ribeirão Tijucu Preto no Município de Rio das Pedras, São Paulo. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de "Magister Scientiae". 59 pp.

- FREI, E. and CLINE, M.G. 1949. Profile studies of normal soils of New York: II. Micromorphological studies of the Gray-Brown Podzolic - Brown Podzolic soil sequences. Soil Science 68(4): 333-344.
- GILE, L.H. 1967. A simplified method for preparation of soil thin sections. Soil Science Society of America Proceedings 31(4): 570-571.
- GILE, L.H. and GROSSMAN, R.B. 1968. Morphology of the argillic horizon in desert soils of southern New Mexico. Soil Science 106(1): 1-15.
- GROSSMAN, R.B. 1959. Characterization of ped surfaces in contrast to ped interiors from B horizons of some major great soil groups in Illinois. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the Graduate School of the University of Illinois. v, 188 pp.
- JOHNSTON, J.R. and PETERSON, J.B. 1941. Microscopic study of soils from five great soil groups. Soil Science Society of America Proceedings 6: 360-367.
- KELLOG, C.E. and DAVOL, F.D. 1949. An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo. Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge, Série Scientifique N° 46.
- KHALIFA, E.M. and BUOL, S.W. 1969. Studies of clay skins in a Cecil Typic Hapludult soil: II. Effect on plant growth and nutrient uptake. Soil Science Society of America Proceedings 33(1): 102-105.
- KUBIENA, W.L. 1938. Micropedology. Collegiate Press, Ames, Iowa. xvi, 243 pp.

- KUNZE, G.W. and OAKES, H. 1957. Field and laboratory studies of the Lufkin soil, a Planosol. Soil Science Society of America Proceedings 21(3): 330-335.
- LANGTON, J.E. and LEE, G.B. 1965. Preparation of thin sections from moist organic soil materials. Soil Science Society of America Proceedings 29(2): 221-223.
- MARCOS, Z.Z. 1971. Morphologic and physical properties of fine-textured Oxisols, State of São Paulo. A thesis submitted to the Graduate School of the Ohio State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. 272 pp.
- MATELSKY, R.P. 1959. Great soil groups of Nebraska. Soil Science 88(4): 228-239.
- McCALEB, S.B. 1954. Profile studies of normal soils of New York: IV. Mineralogical properties of the Gray-Brown Podzolic - Brown Podzolic soil sequence. Soil Science 77(4): 319-333.
- McCALEB, S.B. 1959. The genesis of the Red-Yellow Podzolic soils. Soil Science Society of America Proceedings 23(2): 164-168.
- MEDEIROS, G.B. de 1969. Gênese e classificação de alguns solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de "Magister Scientiae". 80 pp.
- MILLER, F.P. 1965. Physical, chemical, and mineralogical properties related to the micromorphology of the Canfield silt loam - A Fragiudalf. A thesis submitted to the Graduate School of the Ohio State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. x, 218 pp.

- MINASHINA, N.G. 1958. Optically oriented clay in soils. Soviet Soil Science 4: 424-430.
- MONIZ, A.C. and JACKSON, M.L. 1967. Quantitative mineralogical analysis of brazilian soils derived from basic rocks and slate. Wisconsin Soil Science Report 212. 24 pp.
- MOURA FILHO, W. 1968. Characterization of the physical, chemical and micromorphological changes engendered by the cultivation of a soil in the Triangulo of Minas Gerais, Brazil. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University at Raleigh in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Soil Science. vi, 55 pp.
- MOURA FILHO, W. 1970. Studies of a Latosol Roxo (Eutrustox) in Brazil: Clay mineralogy, micromorphology effect of ion release, and phosphate reactions. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University at Raleigh in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. viii, 57 pp.
- NETTLETON, W.D.; FLACH, K.W. and BRASHER, B.R. 1969. Argillic horizons without clay skins. Soil Science Society of America Proceedings 33(1): 121-125.
- OSMOND, D.A. 1955. Thin sections of soils. Science Progress 43(172): 693-696.
- OSMOND, D.A. and STEPHEN, I. 1957. The micropedology of some red soils from Cyprus. The Journal of Soil Science 8(1): 19-26.
- PETTAPIECE, W.W. and ZWARICH, M.A. 1970. Micropedological study of a Chernozemic to Grey Wooded sequence of soils in Manitoba. The Journal of Soil Science 21(1): 138-145.

- PETERSON, J.B. 1937. The micropedology of some loessial soils of Iowa. Soil Science Society of America Proceedings 2(1): 9-13.
- QUEIROZ NETO, J.P. de 1969. Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor. 135 pp.
- RANZANI, G. 1963. Pequeno guia para levantamento de solos. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Estado de São Paulo. Brasil. 13 pp.
- RANZANI, G.; FREIRE, O. e KINJO, T. 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 85 pp.
- RETZER, J.L. and SIMONSON, R.W. 1941. Distribution of carbon in morphological units from the B horizons of Solonetz-like soils. Journal American Society Agronomy 33(11): 1009-1013.
- ROSS, C.S. 1924. The preparation of thin sections of friable rocks. American Journal of Science 7(42): 483-485.
- SCHAEFER, G.M. and HOLOWAYCHUK, N. 1958. Characteristics of medium and fine-textured Humic-Gley soils of Ohio. Soil Science Society of America Proceedings 22(3): 262-267.
- SHERMAN, D.G. and ALEXANDER, L.T. 1959. Characteristics and genesis of Low Humic Latosols. Soil Science Society of America Proceedings 23(2): 168-170.
- SINGH, R.B. 1969. A versatile method for treatment of clay soils for thin-section fabric studies. The Journal of Soil Science 20(2): 269-273.

- SLAGER, S.; JONGMANS, A.G. and PONS, L.J. 1970. Micro - morphology of some tropical alluvial clay soils. The Journal of Soil Science 21(2): 233-241.
- SMECK, N.E.; WILDING, L.P. and HOLOWAYCHUK, N. 1968. Genesis of argillic horizons in Celina Morley soils of western Ohio. Soil Science Society of America Proceedings 32(4): 550-556.
- SMITH, G.D.; ALLAWAY, W.H. and RIECKEN, F.F. 1950. Prairie soils of the upper Mississippi Valley. Advances in Agronomy II: 157-205.
- SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil Classification, A Comprehensive System - Seventh Approximation. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture. 265 pp.
- SOIL SURVEY STAFF. 1967. Supplement to Soil Classification System (Seventh Approximation). Second Printing. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture. 207 pp.
- SOUZA, J.J. de 1971. Estudo pedológico de perfis de solos da região de Itacemópolis. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre. 100 pp.
- STEPHEN, I. 1960. Clay orientation in soils. Science Progress 48: 322-331.
- TEIXEIRA MENDES, A.C.; FALCI, S.C. e DEMATTÊ, J.L.I. 1971. Secções delgadas de solos, Método de Impregnação. XIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Guarapari, Vitória, Espírito Santo. 8 pp.

THORP, J.; CADY, J.G. and GAMBLE, E. 1959. Genesis of Miami silt loam. Soil Science Society of America Proceedings 23(2): 156-161.

YASSOGLU, N.J. and WHITESIDE, E.P. 1960. Morphology and genesis of some soils containing fragipans in northern Michigan. Soil Science Society of America Proceedings 24(5): 396-406.