

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Arquivar

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Symona Regina Volpi Machado e aprovada pela Comissão I graduadora em 18 de setembro de 1997. Campinas, 21 de maio de 1997

Presidente da Banca

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MINERALÓGICA DE
SAPROLITOS DO ESTADO DE SÃO PAULO E SUAS
IMPLICAÇÕES NA TAXONOMIA E USO AGRÍCOLA**

SYMONA REGINA VOLPI MACHADO

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Campinas,
como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Engenharia Agrícola, área
de concentração em Água e Solo, para
obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira

CAMPINAS
SÃO PAULO - BRASIL
1997

542.260.40



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TI UNIV CAMP
	M 119c
V.	Es.
TOMBO BC/	32282
PROC.	284197
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	27/11/97
N.º CPD	

CM-00103577-9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M119c Machado, Symona Regina Volpi
Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola / Symona Regina Volpi Machado.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: João Bertoldo de Oliveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Solos. 2. Solos - Classificação. 3. Solos - Análise.
I. Oliveira, João Bertoldo de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

A meus pais,
José e Ivone (*in memoriam*),
que me deram a oportunidade de viver,
escolher
e me tornar uma pesquisadora.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor João Bertoldo de Oliveira pela orientação precisa, paciente e altamente profissional;

À CAPES, pelo auxílio financeiro;

Ao Instituto Agronômico de Campinas, especialmente às Seções de Pedologia e de Conservação de Solos pela realização de análises e cessão de seus laboratórios e material;

À Célia, técnica do laboratório de solos da FEAGRI/UNICAMP pela realização de análises e pela amizade;

À ESALQ pela realização de análises químicas;

À EMBRAPA, através do Centro Nacional de Estudos do Solo-RJ , pela realização de análises;

À todos aqueles que, de uma forma ou de outra, me conduziram e auxiliaram na realização deste trabalho, especialmente aos grandes e eternos amigos da Pós-Graduação e aos “meninos” da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS E FIGURAS	vi
LISTA DE FOTOS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Fase de campo	18
3.2 Fase analítica	20
3.2.1 Análises físicas	21
3.2.2 Análises químicas	23
3.2.3 Análise mineralógica	24
3.2.4 Enraizamento	25
3.3 Fase de escritório	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Aspectos gerais dos perfis estudados	27
4.1.1 Situação	27
4.1.2 Relevo	31
4.1.3 Vegetação primária e uso atual	31
4.1.4 Geologia e material de origem	32
4.1.5 Clima	33
4.2. Descrição dos perfis	35
4.2.1 Descrição morfológica do Perfil 1	36
4.2.2 Descrição morfológica do Perfil 2	37
4.2.3 Descrição morfológica do Perfil 3	38
4.2.4 Descrição morfológica do Perfil 4	40
4.2.5 Descrição morfológica do Perfil 5	41

4.3 Resultados analíticos	43
4.3.1 Caracterização física e química	43
4.3.1.1 Perfil 1	43
4.3.1.2 Perfil 2	44
4.3.1.3 Perfil 3	45
4.3.1.4 Perfil 4	46
4.3.1.5 Perfil 5	47
4.3.2 Penetrabilidade	48
4.3.3 Porosidade	50
4.3.4 Água disponível e camada de água disponível	51
4.3.5 Contatos lítico e litóide	52
CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	80
FOTOS	89

FIGURA 3 : Localização aproximada do Perfil 2	29
FIGURA 4 : Localização aproximada do Perfil 3	29
FIGURA 5 : Localização aproximada do Perfil 4	30
FIGURA 6 : Localização aproximada do Perfil 5	30
FIGURA 7 : Representação gráfica do teste de penetrabilidade dos perfis	48
FIGURA 8 : Representação gráfica das umidades encontradas no instante do teste de penetrabilidade	49

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 : Perfil 1	90
FOTO 2 : Paisagem sobre o Perfil 1e relevo regional	90
FOTO 3 : Detalhe do fraturamento existente no perfil não avivado	90
FOTO 4 : Detalhamento do enraizamento no horizonte Cr do Perfil 1	90
FOTO 5 : Perfil 2 demonstrando a presença de material terroso entre as fendas (no horizonte Cr2 e na camada R) indicando fraturamento inferior a 10cm	91
FOTO 6 : Relevo regional do Perfil 2	91
FOTO 7 : Perfil 3	92
FOTO 8 : Paisagem sobre o Perfil 3	92
FOTO 9 : Detalhe das cactáceas presentes na mata sobre o Perfil 3	92
FOTO 10 : Perfil 4	93
FOTO 11 : Relevo regional do Perfil 4	93
FOTO 12 : Paisagem sobre o Perfil 4	93
FOTO 13 : Perfil 5	94
FOTO 14 : Detalhe da rochosidade sobre o Perfil 5	94
FOTO 15 : Relevo regional do Perfil 5	94
FOTOS 16 e 17 : Detalhe da aplicação do teste de penetrabilidade com pá	95
FOTOS 18 a 22 : Fragmentos tamanho de cascalho utilizados no teste de dispersão em água	95

RESUMO

MACHADO, S. R. V. **Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do Estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola.** Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 1996. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola)^{*}.

Na presente pesquisa utilizaram-se 5 perfis de solos com diferentes tipos de substrato do Estado de São Paulo. Estudaram-se, em especial, seus saprolitos, caracterizando-os física, química e mineralógicamente, a fim de se verificar as diferenças existentes em suas organizações, constituições e comportamentos e estabelecer um melhor entendimento da importância do saprolito na taxonomia dos solos e aptidão agrícola das terras. Testou-se também a operacionalidade dos conceitos de contato lítico e litóide em solos de espessura reduzida e com material saprolítico variado. Utilizaram-se análises químicas de rotina, teste de penetrabilidade, dispersão de fragmentos em água, penetrabilidade com a pá, fraturas e enraizamento, análises físicas de rotina e mineralogia da fração argila. Constatou-se grande dissimilaridade física, química e mineralógica entre os diferentes saprolitos; tal fato sugere que eles devam ser classificados com denominações próprias de acordo com as características intrínsecas de cada um. Os critérios preconizados para a identificação dos contatos lítico e litóide não apresentam correspondência quanto aos seus resultados, necessitando de aprimoramento para identificação no campo.

^{*} Orientador : Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira

ABSTRACT

Chemical, physical and mineralogical characterization of the saprolites in the São Paulo State and yours implications in the taxonomy and agricultural use.

In the present research were utilized five soils profiles with different types of saprolites of the São Paulo State. In special studied yours saprolites, characterizing physical, chemical and mineralogy, for verify the differences existing in yours organizations, constitutions and management and establish a better understanding of importance of saprolite in taxonomy of soil and agricultural capacity of soils. Were tested the operationality too of concepts of lithic and paralithic contacts in soils of thickness and varied saprolite material. Were used routine chemicals analysis, penetrometer resistance, shaking test, hand digging test, cracks and root distribution, routine physical analysis and clay mineralogy. Verified great physical, chemical and mineralogical difference between the saprolites distincts; these suggest which they would be classified with proper denominations in agreement with inherent characteristic. The approved criteria for the identification of the lithic and paralithic contacts show not conformity as to yours results, needing improvement for field identification.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação constante na utilização racional do solo tem levado à busca de metodologias adequadas que expressem as potencialidades e o uso equilibrado do ecossistema.

A falta de exatidão de alguns dos conceitos utilizados na classificação de solos em uso no Brasil, a inexistência de um texto oficial e atualizado sobre classificação e algumas inconsistências encontradas nos levantamentos de solos executados pelo, atualmente denominado, Centro Nacional de Estudos de Solos da EMBRAPA (órgão normativo de classificação de solos no Brasil) e outras instituições, evidencia a oportunidade e necessidade da execução de mais estudos para se estabelecer um sistema de classificação mais objetivo.

Dentre os conceitos estabelecidos, a mesma inconsistência se encontra no que refere a saprolitos. A conceituação existente no Brasil para tal material, não tem acompanhado a evolução ocorrida em outros países, como nos Estados Unidos, onde já existe uma proposta para a taxonomia de tal material (BUOL,

"Sistema Brasileiro de Classificação de Solos", está a subjetividade na conceituação e designação de alguns atributos e horizontes e/ou camadas diagnósticos. Destacando-se os conceitos de saprolito e os de contatos lítico e litóide; acredita-se que a univocidade de tais conceitos é imprescindível na classificação de solos, especialmente daqueles que apresentem saprolito a pouca profundidade.

Embora a ocorrência de saprolitos seja extensa, no Brasil poucos estudos são nele focados. Este fato ocorre, pois, do ponto de vista agrícola e em solos profundos, não é esperado que este material seja explorado pelo sistema radicular das plantas; no entanto, em solos rasos, onde a seção passível de exploração radicular é limitada pela pouca profundidade efetiva, a importância do estudo do saprolito aumenta consideravelmente.

Em estádios mais avançados de intemperismo esta seção pode ser explorada pelo sistema radicular, bem como servir de fonte de água e nutrientes em épocas de menor disponibilidade. A presença de saprolito a pouca profundidade dependente do seu grau de dureza, da intensidade de fraturamento e de alteração, e de sua permissividade ao enraizamento das plantas, deveria ser considerado como critério distintivo nos levantamentos de solos executados em nosso país.

Apesar das enormes diversidades de constituição e comportamento que os saprolitos possam apresentar, alguns solos com presença de saprolito a pouca profundidade e em igualdade de condições de relevo e cobertura vegetal, tem sido interpretados do ponto de vista de aptidão agrícola ou de capacidade de uso como pertencentes a uma mesma unidade de manejo e classe. Tal fato provavelmente se relaciona à inexistência de informações mais precisas e detalhadas sobre esses materiais.

Neste mesmo contexto, os conceitos de contato lítico e lítóide, apesar de definidos nas normas brasileiras de distinção de classes de solos, não estão incorporados explicitamente na taxonomia dos solos. Tal fato poderia ser de grande valia, já que a constatação destes contatos traria informações adicionais na determinação do uso e manejo deste solos.

Espera-se, portanto, com este trabalho, contribuir àqueles que usam, manejam e conservam os solos, alicerçados em parâmetros devidamente estudados. A combinação das características, à par de uma proposição taxonômica, deverá, certamente, ser de grande valia para os que estudarem ou fizerem uso dos solos aqui estudados, em especial àqueles que desenvolvem suas atividades na área de Engenharia Agrícola.

Os objetivos deste trabalho são: caracterização física, química e mineralógica da fração argila do *solum* e do saprolito de alguns volumes representativos do Estado de São Paulo, demonstrando a diferença existente em suas organizações, constituições e comportamentos, estabelecendo-se, assim, um melhor entendimento da importância do saprolito na taxonomia e aptidão agrícola; verificar a operacionalidade do emprego dos conceitos de contato lítico e lítóide em solos de espessura reduzida e com material saprolítico variado; testar a aplicabilidade da taxonomia para regolito-saprolito proposta por BUOL (1994).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A necessidade de um sistema de classificação de solos que ordene nossos conhecimentos em relação a um objetivo, facilitando a memorização das propriedades de um objeto de maneira fácil e precisa e a "falta de conhecimento científico sobre nossos solos e de um entendimento mais perfeito sobre o que de essencial existe na distinção entre seus vários tipos", nos evidencia a necessidade da "elaboração de uma taxonomia hierárquica que, abrangendo os solos mais conhecidos, possibilite identificá-los segundo classes mais gerais, em níveis mais elevados, até repartições segundo tipos mais específicos, bem discriminados e homogêneos" (OLIVEIRA et al., 1992).

O Brasil, apesar de ter produzido uma apreciável quantidade de levantamentos de solos, através das várias instituições que atuam neste campo, ainda não possui um documento normativo e oficial relativo à classificação de seus solos. Esforços tem sido efetuados pelo Centro Nacional de Estudos de Solos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para a execução de tal documento, tendo sido estabelecido, anos atrás, um projeto de pesquisa. São

consequência deste projeto as três aproximações apresentadas à comunidade pedológica para apreciações. Trata-se, contudo, de material reservado e inacabado. A inexistência de um sistema taxonômico nacional bem definido tem trazido sérias dificuldades aos pedólogos na identificação e nomenclatura de certos horizontes e camadas do perfil de solo e na classificação de tais volumes. Este fato se reflete em levantamentos pedológicos pouco consistentes para algumas classes de solos, impedindo interpretações mais precisas e objetivas.

Basicamente, a classificação de solos usada no Brasil utiliza conceitos centrais advindos do sistema antigo dos EUA (BALDWIN et al., 1938; THORP e SMITH, 1949). Desde fins da década de 1950, tem-se feito amplo uso de princípios concebidos nas aproximações do processo de classificação de solos que originou o "Soil Taxonomy" (EUA, Department of Agriculture, 1975). No entanto, uma correlação razoável entre os sistemas de classificação de solos brasileiro, FAO/UNESCO (1974) e Soil Taxonomy só pode ser obtida no primeiro nível taxonômico, visto que comparações no segundo nível já são difíceis e confusas, ocorrendo grande dispersão (CAMARGO et al., 1987; OLIVEIRA e van den BERG, 1996).

O termo saprolito foi primeiramente definido por BECKER (1895) como um produto não transportado, de alteração isovolumétrica de rochas cristalinas. BATES e JACKSON (1980), expandindo esta definição, descreveram saprolito como solo solto, tipicamente argilo-fértil, apresentando-se como rocha totalmente decomposta, formado *in situ* pela alteração química de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, em que a estrutura original da rocha é preservada; PAVICH (1986) definiu saprolito como "material solto, friável, resultado da alteração

isovolumétrica de leito de rocha intemperizado que retém a fábrica e estrutura da rocha parental". Embora saprolito seja o termo mais usual para referir-se à rocha alterada, está claro que ele descreve a alta alteração final do espectro. Diversos autores tem reconhecido vários graus de rocha menos alterada que saprolito (Clayton e Arnold, 1972; Ollier, 1984, citados por BUOL, 1989 e BUOL, 1990).

"No Brasil, saprolito é definido como manto de alteração de rocha, constituído essencialmente de uma mistura de minerais secundários e primários derivados de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, pela ação do intemperismo químico e que mantém vestígios da estrutura original da rocha. É comumente reconhecido como um produto isovolumétrico de alteração da rocha *in situ* e denominado como horizonte C. Esse manto de alteração pode ter grande espessura em regiões sob climas úmidos, tropical e subtropical, principalmente quando derivado dos dois primeiros tipos de rocha" (CURI et al., 1993).

É importante ressaltar que o símbolo Cr, apesar de ser prerrogativa de saprolito, pode significar qualquer dureza compatível com esta condição (rocha semi-alterada) e, conseqüentemente, variados graus de limitação à penetração do sistema radicular das plantas. Estes atributos apresentam grande importância do ponto de vista agrônômico e geotécnico por determinarem aptidões e manejos diferenciados, conforme o grau de intensidade com que eles se manifestem. O mesmo símbolo Cr é, contudo, usado tanto para um horizonte C que mantenha a estrutura da rocha e que não apresenta restrições ao desenvolvimento radicular das plantas, como para um horizonte C pouco alterado e que apresente restrições à penetração das raízes.

Apesar de saprolitos ocorrerem mundialmente, poucos pesquisadores tem se dedicado ao estudo de sua morfologia e gênese. Estudos de alguns saprolitos são dificultados por ocorrerem em profundidade, fazendo com que a obtenção de amostras para descrição e caracterização sejam complicadas (STOLT e BAKER, 1994).

Embora o interesse pelo estudo da rocha alterada seja crescente, pois estas considerações são importantes, pesquisas sobre sua distribuição, propriedades e comportamento são relativamente escassas. Ao contrário dos solos, a rocha alterada não tem sido objeto de investigações extensas e tratado como uma parte distinta do regolito. Tais esforços requerem inovações de metodologias, que promovam uma contribuição valiosa para compreensão da evolução desta porção e que papel ela exerce no meio ambiente (GRAHAM et al., 1994).

Alguns autores acreditam que a existência de um esquema formal de classificação para saprolito *in situ* poderia encorajar técnicos e pesquisadores de campo a dispensar uma maior atenção à porção contínua de solo-rocha, atualmente muito negligenciada (BUOL, 1989).

VEPRASKAS e KLEIS (1991) alertam para o fato de que o volume de material entre os 2 metros de solo e o horizonte B ou A (quando B for ausente) é muitas vezes de importância crítica para a distribuição das perdas *in situ* e muitas vezes desprezado pela interpretação agrônômica. Assim, embora ele seja definido pelos cientistas como parte do volume classificado como solo no "Soil Taxonomy", na prática ele não é cuidadosamente considerado nas unidades taxonômicas tais como séries nos levantamentos norte-americanos.

De acordo com LIETZKE e WEBER (1981), o saprolito possui propriedades significantes para classificação, interpretação e mapeamento de solos.

Os atributos contato lítico e litóide, derivados da Classificação Americana (EUA, Department of Agricultural, 1975), apesar de constarem dos critérios de distinção de classes de solos preconizados pela EMBRAPA (EMBRAPA, 1988), estes dois parâmetros não têm sido empregados na conceituação dos Solos Litólicos ou de outras classes de solos rasos no Brasil, daí a grande diversidade de arranjo e constituição dos volumes pedológicos identificados como Solos Litólicos nos levantamentos de solos executados no Brasil, apesar de apresentarem grande importância agronômica e geotécnica.

Apesar de na “Classificação Brasileira” identificarem-se o tipo de substrato nos Solos Litólicos, procurando fornecer subsídios na interpretação e uso destes solos, é evidente que a constatação dos contatos lítico e litóide tornariam ainda mais precisos os levantamentos.

O contato lítico (lithic contact) constitui o limite entre o solo e o material coeso subjacente, representando o limite entre o solo e a rocha (camada denominada R). O material subjacente tem que ser contínuo na extensão de alguns metros de superfície horizontal, excetuadas fendas produzidas *in situ*, não resultando em deslocamento significativo do material entre fendas. As fendas devem ser poucas e distanciadas horizontalmente de 10cm ou mais. O material subjacente, quando úmido, torna impraticável a escavação manual com a pá. Quando constituído por um único mineral, este deve ter dureza 3 ou mais (escala de Mohs); caso seja constituído por mais de um mineral, pedaços (tamanho cascalho) que possam ser fragmentados não dispersam mediante agitação por 15 horas em água ou solução de

hexametáfosfato de sódio. O material subjacente aqui considerado não inclui horizontes diagnósticos, tais como duripã, petrocálcico e outros (EMBRAPA, 1988b).

O contato litóide (paralithic contact) constitui o limite entre o solo e o material subjacente contínuo e coerente, representando o limite entre o *solum* e o material saprolítico (horizonte denominado Cr). Diferencia-se do contato lítico pelo fato de o material subjacente, quando constituído por um único mineral, ter dureza menor que 3 (escala de Mohs); caso seja constituído por mais de um mineral, pedaços (tamanho cascalho) que possam ser fragmentados, dispersam parcialmente dentro de 15 horas de agitação em água ou solução de hexametáfosfato de sódio. Quando úmido, o material pode, com dificuldade, ser cavado manualmente com pá. O material subjacente ao contato litóide é comumente uma rocha sedimentar consolidada tal como arenito, siltito ou folhelho e sua densidade aparente ou consolidação é tal que as raízes não podem penetrar. Podem existir fraturas na rocha, distanciadas horizontalmente de 10cm ou mais, abrindo espaços pelos quais pode haver penetração de raízes (EMBRAPA, 1988b).

Segundo SCHÁFER et al. (1979), existe um problema adicional com o contato litóide no que concerne a seu efeito nos levantamentos interpretativos de solos; alguns materiais logo abaixo do contato litóide são designados como rocha sólida e outros como camadas impermeáveis. A produção vegetativa é presumivelmente baixa em solos com contato litóide superficial, devido à restrição ao aprofundamento radicular e à disposição insuficiente de umidade. Contudo, bolsões na rocha solta podem proporcionar uma maior zona de aprofundamento radicular do que a comumente admitida.

OLIVEIRA et al. (1979) citam que os Solos Litólicos que ocorrem na quadrícula de Campinas são, na sua maior parte, desenvolvidos em sedimentos representados por arenitos de granulação muito fina, siltitos e argilitos. A pequena dureza desses materiais, especialmente na zona de contato com o solo, permite caracterizar um contato *solum*-substrato do tipo litóide, o qual associado às abundantes diáclases e fraturas apresentadas por aqueles sedimentos, permite, sem muita dificuldade, a penetração do sistema radicular das plantas arbóreas e mesmo das gramíneas, permitindo bom desenvolvimento e produção das culturas. A profundidade efetiva nesses casos não deve ser caracterizada apenas pela espessura do *solum*.

Nos levantamentos utilitários das terras a notação feita nas fórmulas mínimas, que engloba os critérios diagnósticos e indica a natureza que limita a profundidade efetiva do solo, é diferente no caso de solos sobre rocha consolidada (contato lítico) e de um solo com a mesma profundidade, mas sobre rocha fragmentada ou semidecomposta (contato litóide); neste último caso os autores citam que o material dificulta a penetração de raízes, mas não a impede totalmente. No caso de solos muito rasos, a notação deve diferenciar quando a limitação impede completamente a penetração das raízes, de quando somente a dificulta. Quando impede totalmente o desenvolvimento das raízes, a notação deve aparecer entre parênteses; esta diferenciação é comum em Solos Litólicos constituídos de horizonte A assente sobre rocha consolidada, sem fissuras (contato lítico), dos com contato litóide, pois solos com a mesma profundidade efetiva podem receber culturas com sistema radicular que atingem diferentes profundidades (LEPSCH et al., 1991).

De acordo com LIETZKE e WEBER (1981), o limite superior do horizonte Cr é de fácil determinação em alguns casos, o que não ocorre com seu limite inferior. Já em alguns solos, o limite entre Cr e rocha (contato lítico) é facilmente determinado, mas não o contato litóide. Os autores acreditam que a chave para localização do topo do horizonte Cr, na ausência de raízes, é a presença de poros e túneis de fauna do solo sobre o contato e a carência destes, abaixo. Eles empregaram a fauna do solo como auxílio na localização da significativa mudança na densidade do solo, desconsiderando-se a cor, textura, conteúdo de fragmentos grosseiros ou semelhança de fatores morfológicos entre os horizontes C e Cr. Porém os autores afirmam que o fato da presença de túneis de fauna sobre o horizonte Cr, e sua ausência nele, necessita ser verificado em outras áreas e em diferentes regimes de umidade.

VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949) preconizam que a densidade aparente em que as raízes não penetram no solo não é a mesma para todos os solos; esses autores verificaram que nenhuma raiz foi encontrada em solos com densidade aparente acima e com $1,9\text{g/cm}^3$ e em outras observações em densidades de $1,7$ a $1,8\text{g/cm}^3$ já havia dificuldade de penetração. Não observaram penetração de raízes em solos argilosos com densidade entre $1,6$ e $1,7\text{g/cm}^3$.

GRAHAM et al. (1994) citam que o saprolito, como rocha alterada, desenvolve microporosidade, aumentada, assim, sua capacidade de retenção de água em relação à rocha sã. Raízes podem penetrar a matriz do saprolito, mas em rochas menos alteradas elas seguem as fendas; esta exploração radicular da matriz saprolítica diminui a importância das fraturas litogênicas por produzirem canais que conduzem mais efetivamente a água.

Rochas com uma baixa densidade aparente são mais suscetíveis à alteração e com maior quantidade de microporos; portanto, retêm mais água. Esta água, retida dentro da rocha alterada, promove aumento das alterações químicas e é parcialmente aproveitável pelas plantas (GRAHAM et al., 1994).

Raízes e fauna, segundo GRAHAM et al. (1994), também podem alterar fisicamente leitões de rocha, particularmente quando esta já é alterada quimicamente; raízes penetram ao longo de fraturas planas, ou pela matriz de rocha altamente alterada. Escavações de térmitas têm sido notificadas para extensões abaixo do solo e dentro da rocha alterada, na África e Austrália.

Quando a rocha é rigorosamente decomposta, de forma que não possa inibir a penetração radicular, as raízes se encontram dispersas pela matriz e o conteúdo de carbono orgânico é relativamente baixo; por outro lado, quando o leito de rocha é menos alterado, as raízes estão confinadas nas fraturas e o carbono orgânico se encontra concentrado nelas (GRAHAM et al., 1994).

Observações de campo, do emaranhado de raízes e material húmico nas fraturas, indicam população microbiana ativa a muitos metros de profundidade em leito de rocha alterado; assim, sistemas fraturados com raízes são locais prováveis de populações microbianas prósperas; logo, na matriz poral de rochas alteradas espera-se encontrar populações de bactérias viáveis (GRAHAM et al., 1994). Já LIETZKE e WEBER (1981) afirmam que o horizonte Cr não exhibe evidências de poros e túneis produzidos pela fauna do solo, indiferentemente do tipo de rocha ou material de origem.

Rochas alteradas têm poros e podem ter apreciável capacidade de retenção de água. ARKLEY (1981) apresentou grandes evidências de que a

vegetação nativa utilizou água armazenada na rocha alterada para suplementar a necessidade de água.

VEPRASKAS e KLEIS (1991) demonstraram que 93% da condutividade hidráulica saturada num saprolito altamente alterado foram devidos a cursos de canais radiculares, que ocupavam menos que 2% do volume do saprolito.

A relação da resistência com a força de penetração das raízes foi constatada por VEPRASKAS e KLEIS (1991) quando verificaram que o espaço radicular de 10cm (como definido no critério para contatos no "Soil Taxonomy") é confundido nos saprolitos derivados de xisto e gnaíse, pela proximidade das árvores e nos campos cultivados.

LIETZKE e WEBER (1981) atentam para o fato de que a presença do horizonte Cr e sua profundidade da superfície é altamente significativa tanto em florestas como para cultivos, onde se avalia a capacidade de retenção de água, tornando-se limitante durante a época de plantio. Ainda afirmam, os mesmos autores, que o horizonte Cr possui uma maior densidade aparente que os horizontes acima dele.

Segundo GRAHAM et al. (1994), saprolitos e outras rochas alteradas muitas vezes satisfazem critérios para serem incluídos como parte do *solum*.

De acordo com STOLT e BAKER (1994), o estudo do saprolito requer o mesmo grau de amostragem, descrição e esforço, como ocorre nas investigações pedológicas. Devem ser coletadas amostras para análises física, química e mineralógica de rotina. Além destas, amostras indeformadas devem ser coletadas para obtenção da densidade aparente, retenção de água, condutividade

hidráulica e micromorfologia. Entretanto, a considerável profundidade do saprolito, comumente superior a 10 metros, dificulta a execução de descrições e amostragens desse material regolítico.

Segundo o referencial em uso pelos pedólogos brasileiros (CAMARGO et al., 1987), os Solos Litólicos são “solos minerais fracamente desenvolvidos, exclusive Vertissolos, sem horizonte diagnóstico subsuperficial. Possuem pouca espessura até a rocha dura (excluindo petroplintita) apresentando perfil AR com ou sem horizonte C interveniente pouco espesso”. A leitura de boletins de levantamentos de solos executados em nosso país mostra haver grande diversidade de solos identificados como Solos Litólicos. O critério diagnóstico predominante na identificação de tais solos parece ter sido apenas a presença da rocha, quer seja representada pela rocha inalterada ou muito pouco alterada (camada R), ou pela presença do material rochoso alterado com variados graus de coesão e dureza, porém mantendo ainda a estrutura original da rocha (horizonte Cr, saprolito). No entanto, estes últimos solos com sequência A-Cr ou A-C-Cr, não poderiam a rigor ser classificados como Solos Litólicos, a menos que subjacente ao horizonte Cr ocorresse uma camada R à profundidade arbitrada para esta classe (50cm tem sido o referencial mais comum entre os pedólogos brasileiros). Isto, contudo, não tem sido observado. A presença de saprolito a pouca profundidade, independente do seu grau de dureza, de intensidade de fraturamento e de alteração, e de sua permissividade ao enraizamento das plantas, ressalta-se como o critério distintivo predominante na identificação de solos executados em nosso país.

“Usando estes critérios, muitas áreas são mapeadas como Solos Litólicos, considerando-se como satisfatória apenas a presença marcante do

horizonte Cr a menos de 50cm de profundidade e sem levar em conta o critério de coesão, dureza e quantidade de fraturamento de rocha alterada. Hoje, revendo essas áreas e observando mais atentamente o horizonte Cr dos solos mapeados como Solos Litólicos verifica-se ser comum o saprolito deixar-se cortar com certa facilidade com a pá reta, apesar de coeso e de manter a estrutura da rocha e de desfazer-se também com certa facilidade, quando colocado em água e ainda que o mesmo por vezes esteja intensamente fraturado. Não é por acaso que tais solos apresentem talhões com excelentes produções de culturas anuais, e mesmo perenes, pois o horizonte Cr nem sempre representa impedimento ao livre desenvolvimento do sistema radicular das plantas”.(OLIVEIRA, J. B. de, Comunicação Pessoal, 1995)

Inúmeras inconsistências são encontradas em levantamentos de solos executados no Brasil, levando ao questionamento quanto à subjetividade do conceito de saprolito utilizado nas classificações de algumas classes de solos, entre eles as de Solos Litólicos e Regossolos. Um desses exemplos refere-se ao levantamento de solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973), no qual um solo classificado como Litólico húmico distrófico álico, Unidade Silveiras, tem a camada R, representada por basalto bastante intemperizado. Esta camada não poderia ser considerado como R, já que este símbolo é denominativo de rocha consolidada. No mesmo levantamento, um solo classificado como Litólico distrófico álico, Unidade Caxias, apresenta em seu horizonte denominado C basalto intemperizado guardando a estrutura da rocha. Se o horizonte C guarda ainda a estrutura da rocha, ele constitui um saprolito, demonstrando, portanto, que não havia uma conceituação consistente na época.

Como resultado do crescente interesse na discriminação de saprolitos, BUOL (1994), após manter correspondência com cientistas do solo e geólogos do mundo inteiro, formulou uma proposição taxonômica específica para o caso, estabelecendo um sistema quantitativo baseado em propriedades mensuráveis do material denominado como saprolito-regolito. Sendo uma aproximação, a 4.^a categoria do sistema hierárquico é proposta para classificar tais materiais, onde conceitos de formação de material são usados para guiar a estrutura do sistema e propriedades mensuráveis são usadas para definir cada taxon. Para cada taxon são propostos nomes conotativos, utilizando o procedimento do Soil Taxonomy. O material a ser amostrado é todo aquele com resistência compressiva ilimitada inferior a 100 MPa, ou que não permita penetração de raízes (a não ser por fendas espaçadas em 10cm no mínimo), ou material abaixo de 2m da superfície, seja qual for sua espessura. Os critérios propostos para a classificação dos saprolitos em suas respectivas categorias são: resistência em MPa, densidade aparente, quebra pela mão, raízes, biotita e seu grau de alteração, feldspatos e sua opacidade, tipo de rocha originária, presença de material carbonífero e calcáreo, fragmentação dos agregados, presença e quantificação do quartzo, estrutura, conteúdo e eluviação de argila, poros vesiculares e evidência de cimentação por materiais secundários. O conceito para saprolito usado para selecionar o taxa da 1.^a categoria é: material que tornou-se menos duro devido a processos que ocorreram próximos à superfície da terra. Na 1.^a categoria o saprolito é identificado com a denominação tradicional de "rocha podre". Os critérios de densidade aparente e dureza são usados na 2.^a categoria para distinguir saprolito de petrosedimentos. Na 3.^a categoria, os saprolitos são classificados pelo tipo de rocha da qual foram originados e na 4.^a e última

categoria, os critérios são somente sugestões não estudadas e para os saprolitos é sugerido a identificação mineralógica mais específica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Fase de campo

Com o auxílio de cartas pedológicas das quadriculas de Piracicaba (OLIVEIRA e PRADO, 1989) e Campinas (OLIVEIRA et al., 1979) elaboradas pelo Instituto Agrônômico de Campinas na escala 1:100.000, procedeu-se à seleção de áreas para a escolha de perfis que pudessem vir a apresentar saprolitos a pouca profundidade (solos rasos) e com diferentes substratos.

Reconhecidos os perfis, foram selecionados 5 para estudo, levando-se em consideração, para a escolha, perfis que apresentassem diferentes substratos e características mais diversas possíveis entre si, de forma a evidenciarem a problemática existente diante da unificação na taxonomia de saprolitos.

Seguiu-se então a descrição morfológica, bem como da paisagem, relevo e vegetação atual. As descrições morfológicas foram baseadas no "Manual para descrição e coleta de solos no campo" (LEMOS e SANTOS, 1984). A notação dos horizontes baseou-se nas normas em uso pelo SNLCS segundo bibliografia denominada "Definição e notação de horizontes e camadas do solo"

(EMBRAPA/SNLCS, 1988).

Após a preparação dos perfis, estes foram fotografados para apreciações da disposição dos horizontes e camadas, bem como do enraizamento e fraturamento.

Em cada horizonte foram observados a cor, textura, estrutura, consistência, cerosidade, espessura, o enraizamento, além de outras feições que pudessem ocorrer, como nódulos, concreções, atividade biológica (formigas, cupins), etc.

Nas seções denominadas Cr e R (rocha) (quando possível), foram observadas a cor, textura, espessura, estrutura, porosidade. Ênfase especial foi dada ao espaçamento entre as fraturas e à quantidade e qualidade das raízes presentes nas mesmas, procurando identificar-se o contato litóide e verificar a aplicabilidade de tal conceito no campo, tirando-se fotos destas seções, para visualização posterior de tais aspectos. Na camada denominada R foram executadas estimativas de resistência do material rochoso, através de metodologia e tabela segundo Speight e Isbell citado por BUOL (1990) (Anexo 2)¹. Foi realizado também, no saprolito e na rocha, teste para enquadrar tais materiais nas classes de intemperismo de rochas segundo Clayton citado por BUOL (1990) (Anexo 3)², determinando, assim, o estágio de intemperismo em que a rocha se encontrava.

Para as análises química, física e de estimativa de porcentagem de raízes, foram utilizadas amostras de todos os horizontes ou camadas, inclusive da rocha, quando possível.

¹ Saprolite Taxonomy Network, circular número 2 de 15 de agosto de 1989.

² Saprolite Taxonomy Network, circular número 4 de 15 de julho de 1990.

Para a análise de retenção de água, foram coletadas amostras indeformadas de todos os horizontes ou camadas, inclusive da rocha, quando possível; as amostras foram obtidas com anéis volumétricos de aço de 100ml de volume.

Para execução do teste de dispersão foram coletados fragmentos do horizonte Cr e da rocha, intermediários entre tamanho de cascalho e de calhaus, ou seja, com aproximadamente 20mm de diâmetro.

O teste de escavação com pá foi realizado utilizando-se uma pá reta comum (de construção) introduzida em plataformas preparadas em todos os horizontes/camadas do perfil. Para a introdução da pá foi utilizada toda força humana possível alcançada com o auxílio das mãos e do pé.

O teste de penetrabilidade foi executado em todos os perfis, até uma profundidade tal que se pudesse avaliar a resistência do saprolito e, se possível, da rocha; foram coletados conjuntamente amostras para avaliação da umidade no instante do teste. Realizaram-se 3 repetições em cada perfil.

A localização dos perfis foi obtida com a utilização do G.P.S. (Global Positioning System) da marca Trimble modelo Ensign com a captação de no mínimo 5 satélites.

3.2 Fase analítica

As análises foram realizadas nos Laboratórios das Seções de Conservação do Solo e de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas, no

Laboratório de Física do Solo da FEAGRI/UNICAMP e nos laboratórios do Centro Nacional de Estudos do Solo da EMBRAPA-RJ.

3.2.1 Análises físicas

a) composição granulométrica: método da pipeta e dispersão com NaOH 0,1N, segundo GROHMANN e van RAIJ (1973); as classes texturais foram definidas segundo diagrama de LEMOS E SANTOS (1984).

b) argila dispersa em água: método da pipeta, utilizando-se água como agente de dispersão.

c) densidade das partículas: método do álcool etílico absoluto.

d) densidade do solo: método do anél volumétrico

e) porosidade: cálculo baseado na densidade do solo e de partículas onde:

$$\% \text{ porosidade total} = 100 (d_s - d_p) / d_s$$

$$\% \text{ microporosidade} = \frac{100 (\text{peso amostra } 60\text{cm de tensão} - \text{peso amostra seca a } 105^\circ\text{C})}{\text{volume do cilindro}}$$

$$\% \text{ macroporosidade} = \% \text{ porosidade total} - \% \text{ microporosidade}$$

f) potencial matricial: executada segundo método utilizado pela Seção de Conservação de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas, sendo que após a saturação determinaram-se 8 pontos às tensões de 5, 20 e 60 cm de coluna de água e 0,1, 0,3, 1, 3 e 15 bar, para cálculo da água disponível, camada de água disponível e microporosidade onde:

$$AD \% = \text{Capacidade de campo} (\%) - \text{Umidade de murchamento} (\%)$$

$$\text{CAD} = \frac{\text{AD} \% \cdot \text{Ds} \cdot \text{h}}{100 \cdot \text{d}}$$

onde: AD% é a água disponível

Ds é a densidade do solo

h é a espessura do horizonte em cm

d é a densidade da solução do solo

g) dispersão de fragmentos em água: realizada para identificação dos contatos lítico e litóide, segundo conceito extraído do "Soil Taxonomy" (EUA, Department of Agriculture, 1975) e adotado pelo antigo SNLCS; o teste consiste na agitação de fragmentos, de tamanho cascalho (para o contato lítico) e de tamanho calhaus (para o contato litóide), em água por aproximadamente 15 horas e interpretados como contato litóide quando 50 a 97% do material não dispersou, contato lítico quando 98 a 100% do material não dispersou e sem contato quando menos que 50% do material não dispersou.

h) penetrabilidade: executada com penetrômetro de impacto modelo Stolf, transformando-se, através da equação dos holandeses ($R = 5,6 + 6,89 N$), os dados obtidos (onde $N = \text{impactos/dm}$) em resistência dinâmica do solo (onde $R = \text{kgf/cm}^2$) (STOLF, 1991); tais resultados foram transformados para a unidade de MPa; coletaram-se conjuntamente amostras para determinação de umidade relacionando-se esta com a resistência à penetração.

As análises dos itens b e c utilizaram os métodos do laboratório da Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO et al., 1986).

3.2.2 Análises químicas

a) pH em água e em solução de cloreto de potássio: determinação potenciométrica após 30 minutos, com relação solo-líquido 1:2,5.

b) Fósforo (PO_4^{-3}): método da extração com resina trocadora de íons e determinação colorimétrica do fosfomolibdato formado pela reação entre fosfato e molibdato em ácido sulfúrico reduzido com ácido ascórbico.

c) Bases trocáveis: extração com acetato de amônio 1N a pH 7,0 e determinação com espectrofotômetro de absorção atômica e fotômetro de chama.

d) acidez potencial: extração por percolação com acetato de cálcio 1N a pH 7,0 e titulação com NaOH 0,1N, usando fenolftaleína como indicador.

e) acidez trocável: extração por percolação com cloreto de potássio 1N e titulação com NaOH 0,1N, usando fenolftaleína como indicador.

f) carbono orgânico: oxidação da matéria orgânica com solução de dicromato de potássio 1N em presença de ácido sulfúrico e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5N, usando difenilamina como indicador.

g) SiO_2 , Al_2O_3 , FeO_3 e TiO_2 : tratamento por fervura da terra fina com solução de H_2SO_4 1:1 (v/v) para no filtrado proceder extração do ferro e do alumínio, determinados complexometricamente por titulação e expressos na forma de Fe_2O_3 e Al_2O_3 (Mét. 2.24 e 2.25); também no filtrado, extração do titânio, determinado colorimetricamente por titulação e expresso na forma de TiO_2 (Mét. 2.26). No resíduo do ataque sulfúrico procede-se à extração de sílica com NaOH 0,8N, determinada colorimetricamente e expressa na forma de SiO_2 (Mét. 2.33) (EMBRAPA, 1988). Tais análises objetivaram a determinação dos índices k_i e k_r .

h) Potássio: realizada através da extração em terra fina seca ao ar com HNO_3 N a quente, segundo metodologia descrita por PRATT (1965). O Potássio extraído com HNO_3 a quente dá uma idéia das quantidades deste elemento mais facilmente disponíveis para serem liberados durante os processos de intemperização de minerais primários; as quantidades de potássio extraídas pelo método são bem menores que as de potássio total e, em geral, maiores que as de potássio trocável. O potássio extraído por ácido a quente parece não ter relação direta com as quantidades de potássio trocável, podendo indicar que, apesar da quantidade trocável dar uma boa idéia da disponibilidade atual, pouco revela sobre qual o potencial natural do solo para repor, no complexo de troca catiônica, este elemento (LEPSCH et al., 1978).

As análises dos ítems a, b, c, d, e e f utilizaram os métodos do laboratório da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas (CAMARGO et al., 1986).

3.2.3 Análise mineralógica

- qualitativa da fração argila: minerais determinados através da difração de raios-x onde as amostras foram, depois de destorroadas, tratadas com água oxigenada numa solução-tampão de pH 5,0, para oxidação da matéria orgânica, utilizando-se em seguida, o método do ditionito-citrato-bicarbonato, de JACKSON (1969) para remover o ferro livre. Separou-se, após esses pré-tratamentos, a fração argila. Utilizaram-se técnicas especiais para diagnosticar os minerais da argila presentes, tendo-se, para isso, tomado uma alíquota da fração argila, a qual foi

saturada com potássio e aquecida a 350 e 550°C, e outra, saturada com magnésio e glicolada. A identificação dos minerais de argila foi feita segundo BROWN (1961) e JACKSON (1969).

Executada segundo métodos utilizados pelo laboratório da Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo de Campinas e descritas por CAMARGO et al. (1986).

3.2.4 Enraizamento

A análise de porcentagem de raízes teve como objetivo a identificação do contato lítico e litóide, constatando se realmente ocorreu a diminuição da porcentagem de raízes no material subjacente (saprolito).

A análise foi executada segundo a técnica de estudos de raízes pelo método do trado (FUJIWARA et al., 1994) com algumas modificações; ao invés das amostras serem coletadas com trado, coletou-se conjuntamente com o material deformado para as análises de rotina. As amostras foram separadas, secas e pesadas obtendo-se o peso da amostra do solo juntamente com as raízes. A partir desta fase seguiu-se o método descrito por FUJIWARA et al. (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de raízes.

3.3 Fase de escritório

Após a conclusão de todas as análises e testes, avaliou-se cada perfil separadamente, levando-se em consideração todos os dados disponíveis, classificando-os e estabelecendo-se a aptidão agrícola das terras representadas pelo mesmo, classificando-se ainda os saprolitos segundo a taxonomia proposta por BUOL (1994). Na ausência de um referencial taxonômico oficial, usou-se para a identificação dos solos a publicação intitulada "Classificação de solos usados em levantamentos pedológicos no Brasil" (CAMARGO et al.,1987), a qual se considera como um documento síntese do conceito das classes empregadas pelos pedólogos da EMBRAPA.

Relacionaram-se as metodologias utilizadas e sua aplicabilidade na taxonomia e identificação, em campo, de saprolitos e dos contatos lítico e litóide.

A comparação entre perfis objetivou demonstrar as diferenças existentes entre seus saprolitos e a necessidade de se estabelecer uma taxonomia diferenciada para tal seção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aspectos gerais dos perfis estudados

4.1.1 Situação

Os 5 perfis estudados encontram-se no Estado de São Paulo, nas proximidades das cidades de Piracicaba, São Pedro, Monte-Mor e Campinas (Figura 1), a saber:

P1 - Cidade de Monte-Mor, a 53km partindo do trevo situado no quilômetro 97 da Rodovia Anhanguera entrando-se, então, à direita e seguindo 1400m.

P2 - Cidade de Águas de São Pedro, a 20km partindo do trevo Piracicaba-São Pedro, entrando-se então à direita 2300m.

P3 - Cidade de Piracicaba, a 900m da Estação Experimental do Instituto Agrônômico de Campinas em Piracicaba, na denominada Mata dos Godinhos.

P4 - Distrito de Artemis, a 20km do distrito pela estrada que liga Piracicaba a Artemis.

P5 - Cidade de Campinas, a 4400m do Observatório de Capricórnio no Distrito de Joaquim Egídio, pela estrada velha que liga Joaquim Egídio a Pedreira.

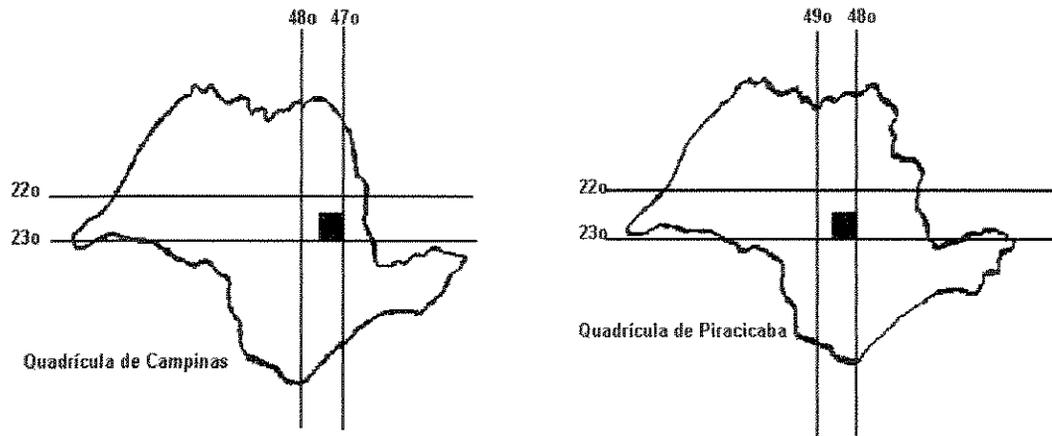


Figura 1 : Localização no estado de São Paulo das quadrículas dos perfis

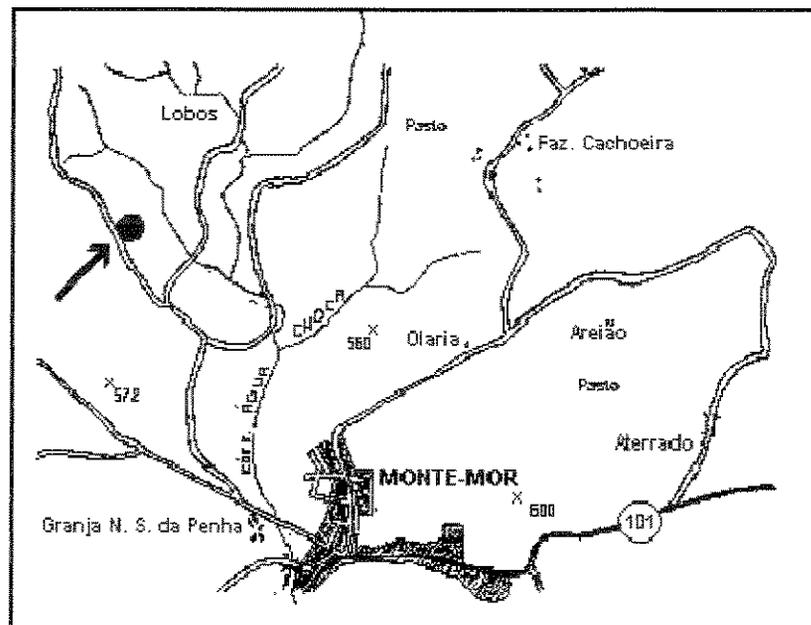


Figura 2 : Localização aproximada do Perfil 1

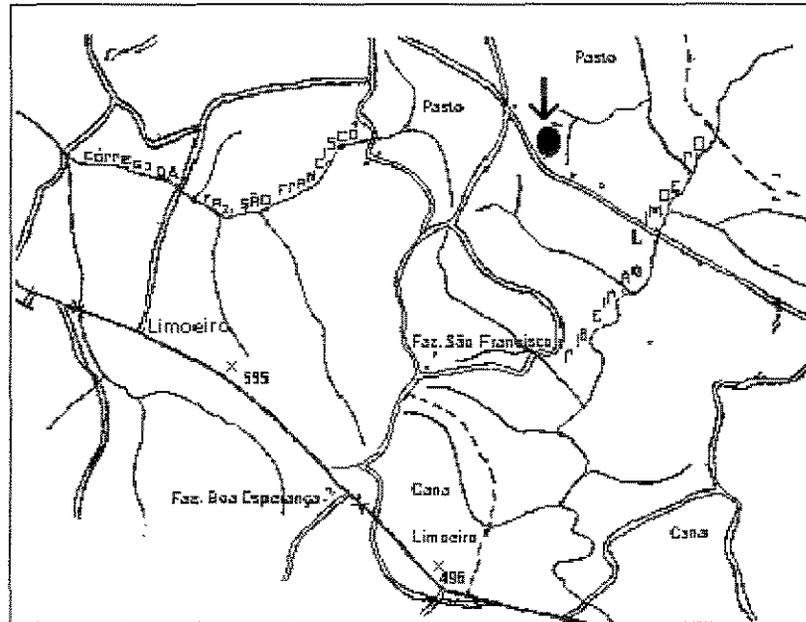


Figura 3 : Localização aproximada do Perfil 2

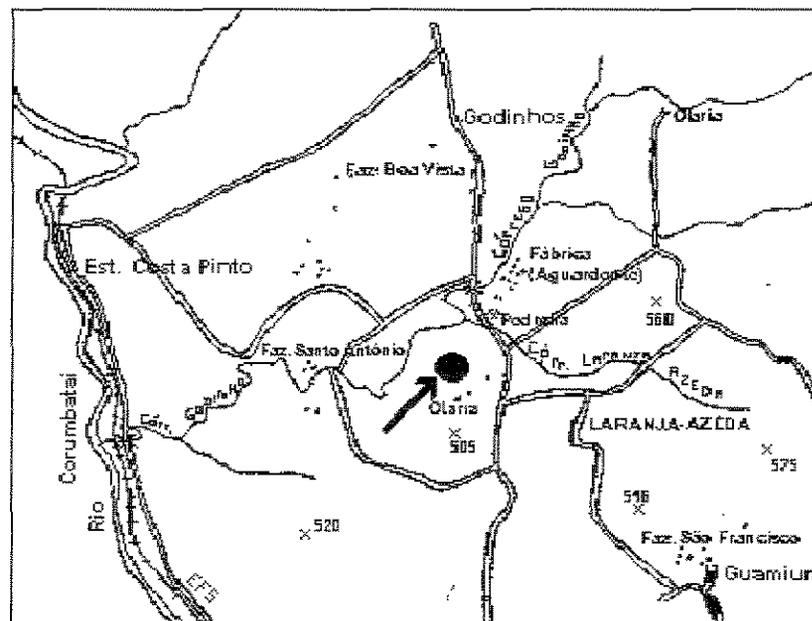


Figura 4 : Localização aproximada do Perfil 3

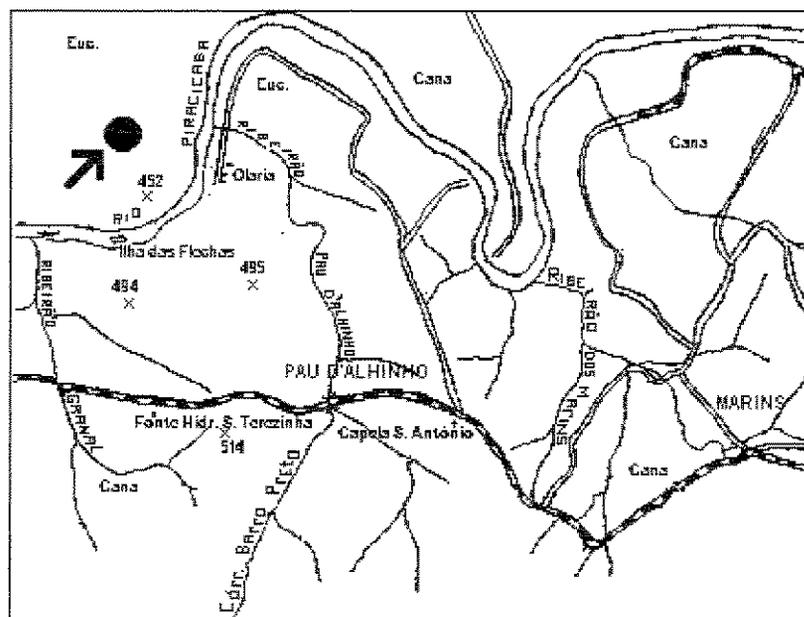


Figura 5 : Localização aproximada do Perfil 4

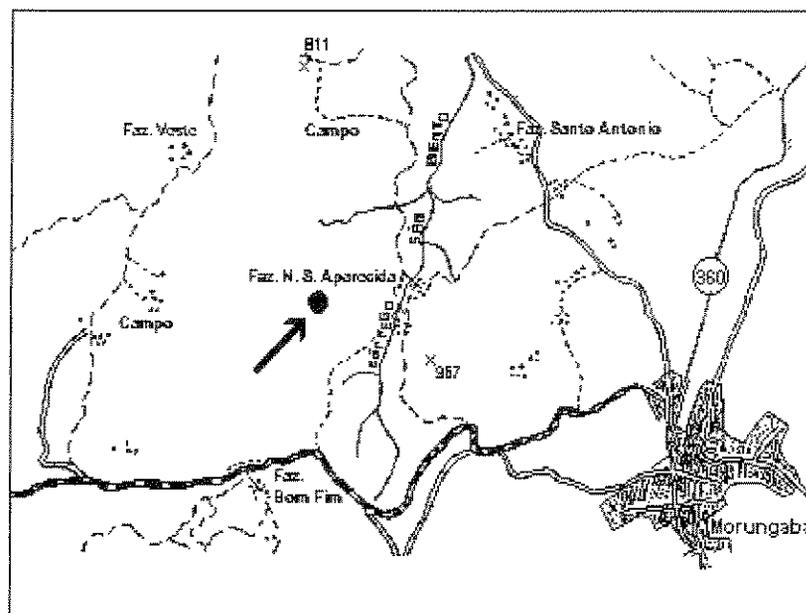


Figura 6 : Localização aproximada do Perfil 5

4.1.2 Relevô

A topografia regional de cada perfil estudado e de acordo com as classes da EMBRAPA (1988) é a seguinte:

P1, P2 e P3 - Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.

P4 - Suave ondulado a ondulado: superfícies de topografia pouco movimentada, contituída por conjunto de colinas ou outeiros apresentando declives suaves a moderados, predominantemente variáveis entre 3 a 20%.

P5 - Fortemente ondulado a montanhoso: superfícies de topografia vigorosa com predominância de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros e montanhas, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.

4.1.3 Vegetação primária e uso atual

A vegetação primária encontra-se bastante alterada, e em alguns perfis é inexistente, pela ação antrópica, tendo sido tentativamente estimada, a partir de observações de campo e dados bibliográficos.

Em P1 a vegetação primária teria sido provavelmente floresta tropical caducifolia, sendo que atualmente esta área esta sendo utilizada como pasto, apresentando uma vegetação graminóide, aparentemente sem cuidados conservacionistas.

Em P2 a vegetação primária teria sido provavelmente floresta tropical caducifolia; atualmente a área tem sido utilizada como pasto, apresentando uma vegetação graminóide aparentemente sem cuidados conservacionistas.

Em P3 ainda existem resquícios da vegetação primária; encontra-se sob floresta tropical caducifolia com presença de cactáceas, indicando a ocorrência de um período do ano com escassez de água; a referida área encontra-se cercada pela cultura de cana-de-açúcar, com emprego de práticas conservacionistas (plantio em nível, adubação, etc).

Em P4 a vegetação primária provavelmente era floresta tropical caducifolia; atualmente vem sendo utilizada como pasto, aparentemente sem a utilização de práticas conservacionistas.

Em P5 provavelmente a vegetação primária consistia de floresta tropical subperenifolia; atualmente encontra-se sem uso agrícola, aparentando ser uma área de preservação ambiental.

4.1.4 Geologia e material de origem

P1 - representado por rochas relacionadas com o Paleozóico, pertencente ao Grupo Tubarão, Formação Itararé; encontra-se sobre uma região de depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltaicos, lacustres e marinhos, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcósios; conglomerados diamictitos, siltitos, folhelhos, ritmitos; raras camadas de carvão (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO-IPT-,1981).

P2 - relacionado com a Bacia do Paraná, pertencente ao Grupo São Bento, Formação Pirambóia; encontra-se sobre uma região de depósitos fluviais e de planícies de inundação incluindo arenitos finos a médios, esverdeados e avermelhados, síltico-argiloso, de estratificação cruzada ou plano-paralela; níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variadas e raras intercalações de natureza areno-conglomerática (IPT, 1981).

P3 e P4 - representado por rochas relacionadas com o Paleozóico, pertencente ao Grupo Passa Dois, Formação Corumbataí; encontram-se sobre uma região de siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo acinzentado nos afloramentos podendo possuir cimentação calcária; segue-se uma sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas ou delgadas camadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina. As cores vermelhas e arroxeadas passam a predominar nas partes média e superior da formação, onde também se apresentam lentes e bancos calcários com até 0,5m de espessura (IPT, 1981).

P5 - relacionado ao Pré-cambriano, encontra-se sobre suítes graníticas indiferenciadas compostas de granitos e granitóides polidiapíricos com predominância de termos porfíricos com granulações variadas (IPT, 1981).

4.1.5 Clima

Pela escassez de dados mais específicos para o local de cada perfil, utilizaram-se os dados da região de Campinas e Piracicaba, fornecidas pela estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas.

Na região de Campinas a distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. A sucessão de períodos chuvosos e secos faz-se claramente, marcando com nitidez duas estações: uma seca de inverno (21% das precipitações), que se estende de abril a setembro, e outra chuvosa de verão, que se estende de outubro a março (79% das precipitações).

Os dados de temperatura assinalam valores inferiores a 18°C durante o inverno e superiores a 22°C durante o verão, sendo junho o mês mais frio (17,1°C) e janeiro (23,1°C) o mais quente.

Os dados dos valores médios de temperatura do ar e da precipitação pluvial permitem identificar o clima, segundo o sistema de Köppen, como sendo do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical de altitude.

O balanço efetuado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para 125mm assinala um déficit de água total de 15mm, o qual ocorre nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

Segundo OLIVEIRA et al. (1975), os regimes hídricos e térmicos do solo da região de Campinas são respectivamente o údico e o hipertérmico.

“Na região de Piracicaba, o período característico dessa região é o de outubro a março, coincidindo com as ocorrências das maiores temperaturas e o período seco de maio a setembro coincidindo com as menores temperaturas. A localidade de Piracicaba é a que apresenta um período mais pronunciado de seca e a de São Pedro, um total anual de chuva mais elevado em relação às demais localidades.

Os dados de temperatura assinalam que as áreas mais quentes correspondem às regiões de menores altitudes, ou seja, os vales dos rios Piracicaba, Corumbataí, Tietê e Capivari, com médias anuais acima de 20°C, sendo que o mês mais quente atinge valores médios superiores a 23,5°C e o mês mais frio valores acima de 16,5°C. As áreas com temperaturas médias mais baixas são as representadas pelas regiões serranas, próximas a São Pedro.

Os dados dos valores médios de temperatura do ar e da precipitação pluvial permitem identificar o clima, segundo o sistema de Köppen, como sendo do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical de altitude.

O balanço efetuado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) para 125mm assinala que as áreas com maiores períodos de seca são aquelas representadas pelos vales dos rios Piracicaba, Tietê, Corumbataí e Capivari (parte), com valores anuais acima de 20mm, sendo que as áreas serranas são as que apresentam os menores valores de deficiência hídrica, abaixo de 10mm ou mesmo valores nulos no curso do ano". (ALFONSI, R.R., Comunicação Pessoal, 1996).

4.2. Descrição dos perfis

4.2.1 Descrição morfológica do Perfil 1 (Fotos 1 a 4)

Classificação: Regossolo Ta Eutrófico, A moderado, textura franco siltosa, substrato siltitos da Formação Itararé

Localização, Município e Estado: 22° 55.723' S e 47° 20.033' W, Monte-Mor (SP)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo, 8-20%, gramíneas

Litologia e formação geológica: siltitos da Formação Itararé do Grupo Tubarão

Material originário: siltito

Pedregosidade: não pedregosa

Rochosidade: não rochosa

Relevo local: ondulado

Relevo regional: ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: moderadamente drenado

Vegetação primária: floresta tropical caducifolia

Uso atual: pastagem

Descrito e coletado por: Symona R. V. Machado e João Bertoldo de Oliveira

Horiz.	Prof.	Descrição
A	0 - 16cm	Bruno-escuro(7,5YR 3/2, úmido); Bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seco); franco; moderada grande granular; macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada
A/Cr	16-40cm.	Amarelo-brunado e bruno-escuro (10YR 6/8, úmido e 10YR 4/3, úmido); franco siltoso; moderada média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual plana
Cr	40-68cm	Amarelo-brunado(10YR 6/8, úmido); franco siltoso; duro, muito firme, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição abrupta plana
R	68cm +	Amarelo-brunado(10YR 6/8, úmido)

Raízes: abundantes médias e finas no A, comuns médias e finas no Cr/A e poucas médias restritas às fendas (superfícies de fraturamento) no Cr.

Obs: - à partir da 2a. seção ocorre a presença de seixos não discriminados de vários tamanhos (de cm a mm), revestidos de manganês(coatings);

- raízes abundantes concentradas em fraturas na 4a. seção, algumas com distâncias inferiores a 10 cm (Fotos 3 e 4);

- rastreamento de raízes até 1,2 m de profundidade em corte na beira da estrada (presença de raízes médias);

4.2.2 Descrição morfológica do Perfil 2 (Foto5 e 6)

Classificação: Regossolo Ta Eutrófico, A moderado, textura arenosa, substrato arenitos da Formação Pirambóia

Localização, Município e Estado: 22° 37.580' S e 47° 48.853' W , Águas de São Pedro (SP)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo, 8-20%, gramíneas

Litologia e formação geológica: arenitos da Formação Pirambóia do Grupo São Bento

Material originário: arenito

Pedregosidade: não pedregosa

Rochosidade: não rochosa

Relevo local: ondulado

Relevo regional: ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: fortemente drenado

Vegetação primária: floresta tropical caducifolia

Uso atual: pastagem

Descrito e coletado por: Symona R. V. Machado e João Bertoldo de Oliveira

Horiz.	Prof.	Descrição
Ap	0-9cm	Bruno-escuro(10YR 3/3, úmido); Bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); franco arenoso; moderada/fraca média granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta ondulada
Cr/A	9-17cm	Bruno-amarelado(blocos de arenito) e bruno avermelhado- escuro (material terroso)(10YR 6/4 ,úmido nos blocos de arenito e 5YR 3/4, úmido no material terroso inter blocos); areia franca; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana
Ab(?)	17-36cm	Bruno-escuro(10YR 3/3, úmido); areia franca; fraca média blocos sub angulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana
Cr1/A	36-50cm	Bruno-amarelado (blocos de arenito) e bruno avermelhado-escuro (10YR 5/4 nos blocos de arenito e 5YR 3/3 no material terroso); areia; duro, firme, não plástico e não pegajoso; transição difusa e ondulada
Cr2	50-81cm	Bruno amarelado e bruno forte (blocos de arenito com cor variegada predominando 10YR 5/4 e 7.5YR 4/6); areia franca; duro, firme, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa ondulada

Cr3	81-122cm	Bruno amarelado e bruno forte (10YR 5/4 e 7.5YR 5/8); areia franca; ligeiramente duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição difusa plana
Cr4	122-160 ⁺ cm	Bruno amarelado (núcleo dos blocos), bruno forte (1 a 2cm do núcleo dos blocos) e brando (0.5 a 1cm externos dos blocos) (10YR 5/4 no núcleo, 7.5 YR 5/8 nos 1 a 2 cm seguintes e 7.5YR 8/0 nos 0.5 a 1cm externos); areia franca; duro, muito firme, não plástico e não pegajoso.

Raízes: abundantes/comuns finas no Ap, comuns finas (mesmo nos blocos de arenito) na 2a. e 3a. seções, abundantes finas restritas às fraturas, praticamente inexistentes intra blocos de arenito na 4a. seção e nos bolsões da 5a. seção.

Obs: - na 1a. e 3a. seções encontra-se indícios de uma intensa atividade biológica com presença visual de cupins;

- os blocos de arenito da 2a. seção estão bastante intemperizados e friáveis, mantendo contudo a estrutura da rocha envolvidos por material terroso escuro;

- na 5a. seção tem-se a presença de bolsões de material escuro terroso sem qualquer restício da estrutura da rocha; nesta mesma seção o arenito contém a estrutura da rocha e é friável porém mais coeso que os suprajacentes.

- barranco a 10 metros do local apresenta, até sua base (aproxim. 2m), arenito bastante fraturado e com expressivos sinais de intemperismo nas porções mais próximas das fraturas;

4.2.3 Descrição morfológica do Perfil 3 (Fotos 7 a 9)

Classificação: Regossolo Ta Eutrófico, A chernozêmico, textura siltosa cascalhenta, substrato folhelhos da Formação Corumbataí

Localização, Município e Estado: 22° 39.592' S e 47° 39.294'W, Piracicaba (SP)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo, 8-20%, mata subcaducifolia.

Litologia e formação geológica: folhelhos da Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois

Material originário: folhelho

Pedregosidade: não pedregosa

Rochosidade: não rochosa

Relevo local:ondulado

Relevo regional:ondulado

Erosão: não aparente (mata) e em sulcos ocasionais e superficiais (estrada)

Drenagem: acentuadamente drenado

Vegetação primária: floresta tropical caducifolia

Uso atual: sem uso (vegetação primária)

Descrito e coletado por: Symona R. V. Machado e João Bertoldo de Oliveira

Horiz.	Prof.	Descrição
A1	0-8cm	Bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido); Bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); franco argilo siltosa; moderada pequena a muito grande granular; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana abrupta
A2	8-40cm	Bruno avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido); franco argilo siltosa; moderada pequena a muito grande granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual ondulada
Cr/A	40-60cm	Bruno avermelhado(5YR 4/3, úmido); argila siltosa cascalhenta; moderada a fraca pequena a muito grande granular; solto, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso (material terroso); transição gradual ondulada
Cr	60-80cm	Vermelho escuro-acinzentado(10R 3/2, úmido); argila siltosa cascalhenta; transição gradual ondulada
R	80 ⁺ cm	Vermelho escuro-acinzentado(internamente) e vermelho-acinzentado (superfície) (2.5YR 4/2 na superfície e 10R 3/2 internamente, úmido).

Raízes: muitas finas e médias e raras grossas na 1a. seção; muitas finas, comuns médias e raras grossas na 2a. seção; comuns finas, médias e grossas na 3a. seção; comuns finas, raras grossas e médias na 4a. seção.

Obs: - presença de cactáceas na mata indicando escassez periódica de água;
 - seixos presentes na 1a. seção mesmo que esparsamente;
 - raízes finas concentradas nas fraturas do substrato (3a. seção) espessadas a menos de 10cm;
 - raízes grossas presentes até aproximadamente 60 cm (ao redor do perfil até mais profundamente)
 - aparentemente as raízes não encontram dificuldade em penetração (limitação física), no entanto, não são muito frequentes à partir dos 60cm apesar da vegetação ser de porte médio a grande, indicando maior possibilidade de raízes profundas.

4.2.4 Descrição morfológica do Perfil 4 (Fotos 10 a 12)

Classificação: Regossolo Ta Eutrófico, A chernozêmico, textura média, substrato arenitos da Formação Corumbataí

Localização, Município e Estado: 22° 42.742' S e 47° 44.114' W, Artemis, Piracicaba (SP)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo, 8-20%, gramíneas.

Litologia e formação geológica: arenitos da Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois

Material originário: arenito

Pedregosidade: não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo local: suave ondulado a ondulado

Relevo regional: ondulado

Erosão: não aparente

Drenagem: bem drenado

Vegetação primária: floresta tropical caducifolia

Uso atual: pastagem

Descrito e coletado por: Symona R. V. Machado e João Bertoldo de Oliveira

Horiz.	Prof.	Descrição
Ap	0-41cm	Cinzeno muito escuro (5YR 3/1, úmido); Cinzeno-escuro (10YR 4/1, seco); franco arenoso; moderada a forte média subangular; macio, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana
A	41-49cm.	Cinzeno escuro (5YR 4/1, úmido); areia franca; moderada média granular e subangular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta plana
Cr1	49-79cm	Branco (5Y 8/1, úmido); areia franca; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta ondulada
Cr2	79-149cm	Vermelho claro acinzentado (10R 6/3, úmido); areia franca; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição difusa ondulada
R	149-200 ⁺ cm	Cor variegada de vermelho claro acinzentado (80%), vermelho acinzentado (15%) e branco (5%) (10R 6/4, 10R 5/3 e 5Y 8/1, úmidos); areia franca; macio a ligeiramente duro, friável, não plástico e não pegajoso*.

Raízes: comuns finas e médias na 1a. e 2a. seção; presença de emaranhado de raízes nas superfícies de fraturamento com espaçamento superior a 10 cm na 3a. e 4a. seção; raízes raras restritas nas fraturas na 5a. seção.

Obs: - apesar da 1a. seção ser excessivamente espessa para um horizonte designado Ap, se não conseguiu subdividi-lo.

- atividade biológica evidenciada por formigas no horizonte designado Ap;

- o horizonte designado A1 parece apresentar um conteúdo maior de M. O. do que o horizonte Ap por apresentar um aspecto "empastado";

- a partir da 3a. seção, não foi possível retirada de amostra para densidade; apesar do conceito para rocha preconizar que tal material deve se apresentar coeso e duro, portanto não apresentar maciez no teste de consistência, a possibilidade de lascagem e retirada de amostras possibilitou a realização de tal teste; porém a retirada de amostra para determinação da densidade através dos anéis volumétricos não foi possível devido ao material lascar com facilidade no momento da limpeza do anel.

- no topo da 3a. seção presença de filme de água indica restrição à infiltração;

4.2.5 Descrição morfológica do Perfil 5 (Fotos 13 a 15)

Classificação: Cambissolo Tb álico, A proeminente, textura média cascalhenta

Localização, Município e Estado: 22° 52.779' S e 46° 49.284' W, Joaquim Egídio, Campinas (SP)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: topo, 50-70%, mata.

Litologia e formação geológica: rochas graníticas do período Pré-cambriano.

Material originário: provavelmente granito

Pedregosidade: não pedregosa

Rochosidade: ligeiramente rochosa (matações presentes na superfície)

Relevo local: fortemente ondulado a montanhoso

Relevo regional: predominantemente fortemente ondulado a montanhoso

Erosão: não aparente

Drenagem: bem drenado

Vegetação primária: floresta tropical subperenifolia

Uso atual: capoeira

Descrito e coletado por: Symona R. V. Machado e João Bertoldo de Oliveira

Horiz.	Prof.	Descrição
A	0-25cm	Bruno escuro(7.5YR 3/3, úmido); Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); franco argiloso; moderada grande granular; macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada abrupta
Bi	25-53cm	Bruno a bruno escuro(7.5 YR 4/4, úmido); franco argiloso cascalhenta; moderada pequena a média bloco subangular; cerosidade comum e fraca; macio, friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual
BiC	53-80cm	Bruno escuro a bruno forte (7,5YR 4/5 - 60%-, úmido), bruno a bruno escuro (7,5YR 4/2 - 20%-, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6 -20%-, úmido); franco argiloso cascalhenta; fraca média bloco subangular; cerosidade comum e fraca; ligeiramente duro, friável, plástico/ligeiramente plástico e pegajoso/ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual
Cr1	80-116cm	Variegado vermelho-amarelado (5YR 5/6 -80%- úmido) e bruno a bruno escuro (7.5YR 4/3 - 20%-, úmido); franco argiloso cascalhenta; fraca média bloco subangular; cerosidade; ligeiramente duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição plana abrupta
...		
Cr2	116-140 ⁺ cm	Vermelho-amarelado (5YR 5/7 - 90%- úmido) e bruno a bruno escuro (7.5YR 4/4 -10%-, úmido); franco argiloso cascalhenta; moderada média granular (superfícies de fraqueza pouco definidas); duro, friável, não plástico e não pegajoso

Raízes: abundantes médias e finas na 1a. seção, comuns médias e finas na 2a. seção, pouco comum finas com espaçamento inferior a 10 cm na 3a. seção e raras finas na 4a. seção.

Obs: presença de afloramentos da rocha no local;
presença de atividade biológica na 1a. e 2a. seção (formigas);

4.3 Resultados analíticos

4.3.1 Caracterização física e química

4.3.1.1 Perfil 1

Quadro 1 : Características físicas e químicas do Perfil 1

Horizonte		Frações da amostra total (%)			pH		Densidade kg.dm^{-3}		
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)	Solo	Part.	
A	0-16	0	0	100	5.3	4.0	1.47	2.68	
A/Cr	16-40	0	0	100	5.4	4.2	1.38	2.61	
Cr	40-68	0	0	100	5.6	4.5	1.47	2.50	
R	68+	0	0	100	5.4	3.9		2.60	
Complexo sortivo (cmol (+).kg^{-1})						Saturação por bases (V%)	Sat. com Al 100 Al/ Al + S (%)		
Ca	Mg	K	S (soma de bases)	H + Al	C.T.C.				
3.1	0.9	0.13	4.1	3.8	7.9	52	4		
3.9	1.1	0.12	5.1	2.8	7.9	65	2		
4.1	1.1	0.10	5.3	2.0	7.3	73	1		
3.2	1.9	0.22	5.3	5.8	11.1	48	29		
C (g.kg^{-1})	M. O. (g.kg^{-1})	Composição granulométrica (g.kg^{-1})				Argila natural (%)	Grau de floculação (%)	%silte/ %argila	
		areia grossa (2-0,20mm)	areia fina (0,20-0,05mm)	silte (0,05-0,002mm)	argila (<0,002 mm)				
12	20	80	420	360	140	06	57	2.6	
9	16	60	290	530	120	09	25	4.4	
6	11	60	280	520	140	11	15	5.0	
5	9	60	210	650	80	07	13	8.1	
Ataque por H_2SO_4 (g.kg^{-1})				Ki	Kr	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$	P assimil (ug.cm^{-3})		
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2						
53	36	12	2,2	2.50	2.06	4,71	3		
96	62	27	2,3	2.63	2.06	3,60	2		
97	72	31	2,6	2.29	1.79	3,65	2		
119	82	24	2,4	2.47	2.08	5,36	1		

4.3.1.2 Perfil 2

Quadro 2 : Características físicas e químicas do Perfil 2

Horizonte		Frações da amostra total (%)			pH		Densidade kg.dm ⁻³		
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)	Solo	Part.	
Ap	0-9	0	0	100	5.4	4.5	1.42	2.70	
Cr/A	9-17	0	0	100	5.2	3.8	1.35	2.56	
Ab	17-36	0	0	100	5.4	4.1	1.54	2.63	
Cr1/A	36-50	0	0	100	5.4	3.9	1.44	2.56	
Cr2	50-81	0	0	100	5.6	4.0	1.58	2.63	
Cr3	81-122	0	0	100	5.2	3.9	1.55	2.41	
Cr4	122-160+	0	0	100	5.1	3.7	1.53	2.53	
Complexo sortivo (cmol(+).kg ⁻¹)						Saturação por bases (V%)	Sat. com Al 100 Al/ Al + S (%)		
Ca	Mg	K	S (soma de bases)	H + Al	C.T.C.				
5.6	3.4	0.43	9.4	2.0	11.4	82	0		
4.0	2.0	0.16	6.2	4.2	10.4	60	16		
4.9	1.9	0.22	7.0	3.1	10.1	69	2		
6.1	3.7	0.14	9.9	3.1	13.0	76	8		
5.6	4.5	0.17	10.3	2.2	12.5	82	3		
3.1	2.0	0.15	5.3	18.5	23.8	22	2		
2.4	1.7	0.17	4.3	22.8	27.1	16	12		
C (g.kg ⁻¹)	M. O. (g.kg ⁻¹)	Composição granulométrica (g.kg ⁻¹)				Argila natural (%)	Grau de flocculação (%)	%silte/ %argila	
		areia grossa (2-0,20mm)	areia fina (0,20-0,05mm)	silte (0,05-0,002mm)	argila (<0,002mm)				
12	20	60	730	100	110	07	36	0.9	
09	15	60	740	100	100	06	40	1.0	
11	19	50	760	90	100	08	20	0.9	
07	12	30	780	110	80	06	25	1.4	
07	12	40	760	90	110	07	42	0.8	
06	11	40	770	100	90	05	44	1.1	
05	09	40	760	100	100	04	60	1.0	
Ataque por H ₂ SO ₄ (g.kg ⁻¹)				Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Passimil(ug.cm ⁻³)		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂						
61	25	04	1,3	4.15	3.76	9.81	8		
70	30	05	0,9	3.97	3.61	9.42	4		
54	19	04	0,6	4.83	4.26	7.46	5		
86	39	05	1,1	3.75	3.46	12.25	3		
79	32	04	1,3	4.20	3.88	12.56	3		
86	32	07	1,0	4.57	4.01	7.18	1		
89	35	06	1,1	4.32	3.89	9.16	1		

4.3.1.4 Perfil 4

Quadro 4 : Características físicas e químicas do Perfil 4

Horizonte		Frações da amostra total (%)			pH		Densidade kg.dm ⁻³		
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)	Solo	Part.	
Ap	0-41	0	0	100	5.6	4.4	1.43	2.56	
A1	41-49	0	0	100	5.8	4.5	1.45	2.56	
Cr1	49-79	0	0	100	5.9	4.2		2.61	
Cr2	79-149	0	0	100	6.9	6.2		2.37	
R	149-200+	0	0	100					
Complexo sortivo (cmol(+).kg ⁻¹)						Saturação por bases (V%)	Sat. com Al 100 Al/ Al + S (%)		
Ca	Mg	K	S (soma de bases)	H + Al	C.T.C.				
11.3	1.8	0.16	13.3	3.1	16.4	81	1		
11.0	1.1	0.07	12.2	2.8	15.0	81	1		
9.9	1.4	0.05	11.4	1.2	12.6	90	1		
29.5	2.1	0.09	31.7	0.7	32.4	98	0		
C (g.kg ⁻¹)	M. O. (g.kg ⁻¹)	Composição granulométrica (g.kg ⁻¹)				Argila natural (%)	Grau de floculação (%)	%silte/ %argila	
		areia grossa (2-0,20mm)	areia fina (0,20-0,05mm)	silte (0,05-0,002mm)	argila (<0,002 mm)				
14	24	160	630	110	100	08	83	1.1	
10	18	240	550	130	80	07	30	1.6	
05	08	340	500	100	60	04	50	1.7	
05	09	120	730	80	70	03	50	1.2	
Ataque por H ₂ SO ₄ (g.kg ⁻¹)				Ki	Kr	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	P assimil (ug.cm ⁻³)		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂						
55	17	06	1,6	5.50	4.49	4.45	9		
64	25	04	1,3	4.35	3.95	9.81	6		
81	23	06	1,2	5.99	2.19	6.02	47		
74	28	04	0,8	4.49	4.12	10.99	15		

4.3.1.5 Perfil 5

Quadro 5 : Características físicas e químicas do Perfil 5

Horizonte		Frações da amostra total (%)			pH		Densidade kg.dm ⁻³		
Símbolo	Profund. (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	Água (1:2,5)	KCl N (1:2,5)	Solo	Part.	
A	0-25	0	15	85	4.8	3.8	1.18	2.50	
Bi	25-53	0	30	70	4.6	3.9	1.21	2.50	
BiC	53-80	0	27	73	4.8	3.9	1.26	2.50	
Cr1	80-116	0	25	75	4.8	4.0	1.33	2.56	
Cr2	116-140	0	26	74			1.47	2.63	
R	140-160+								
Complexo sortivo (cmol(+).kg ⁻¹)						Saturação por bases (V%)	Sat. com Al 100 Al/ Al + S (%)		
Ca	Mg	K	S (soma de bases)	H + Al	C.T.C.				
1.8	0.3	0.31	2.4	8.8	11.2	21	46		
0.9	0.2	0.14	1.2	6.4	7.6	16	63		
0.7	0.1	0.16	1.0	3.8	4.8	21	61		
0.7	0.1	0.26	1.1	5.2	6.3	17	60		
C (g.kg ⁻¹)	M. O. (g.kg ⁻¹)	Composição granulométrica (g.kg ⁻¹)				Argila natural (%)	Grau de floculação (%)	%silte/ %argila	
		areia grossa (2-0,20mm)	areia fina (0,20-0,05mm)	silte (0,05-0,002mm)	argila (<0,002 mm)				
22	38	260	60	270	410	24	41	0.7	
10	18	280	30	310	380	33	13	0.8	
08	13	330	40	320	310	26	16	1.0	
07	12	300	40	380	280	25	11	1.4	
Ataque por H ₂ SO ₄ (g.kg ⁻¹)				Ki	Kr	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	P assimil (ug.cm ⁻³)		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂						
137	189	13	2,9	1.23	1.18	22.82	12		
161	217	13	1,8	1.26	1.21	26.21	2		
157	190	09	1,7	1.40	1.36	33.14	2		
162	181	09	1,8	1.52	1.47	31.57	2		

4.3.2 Penetrabilidade

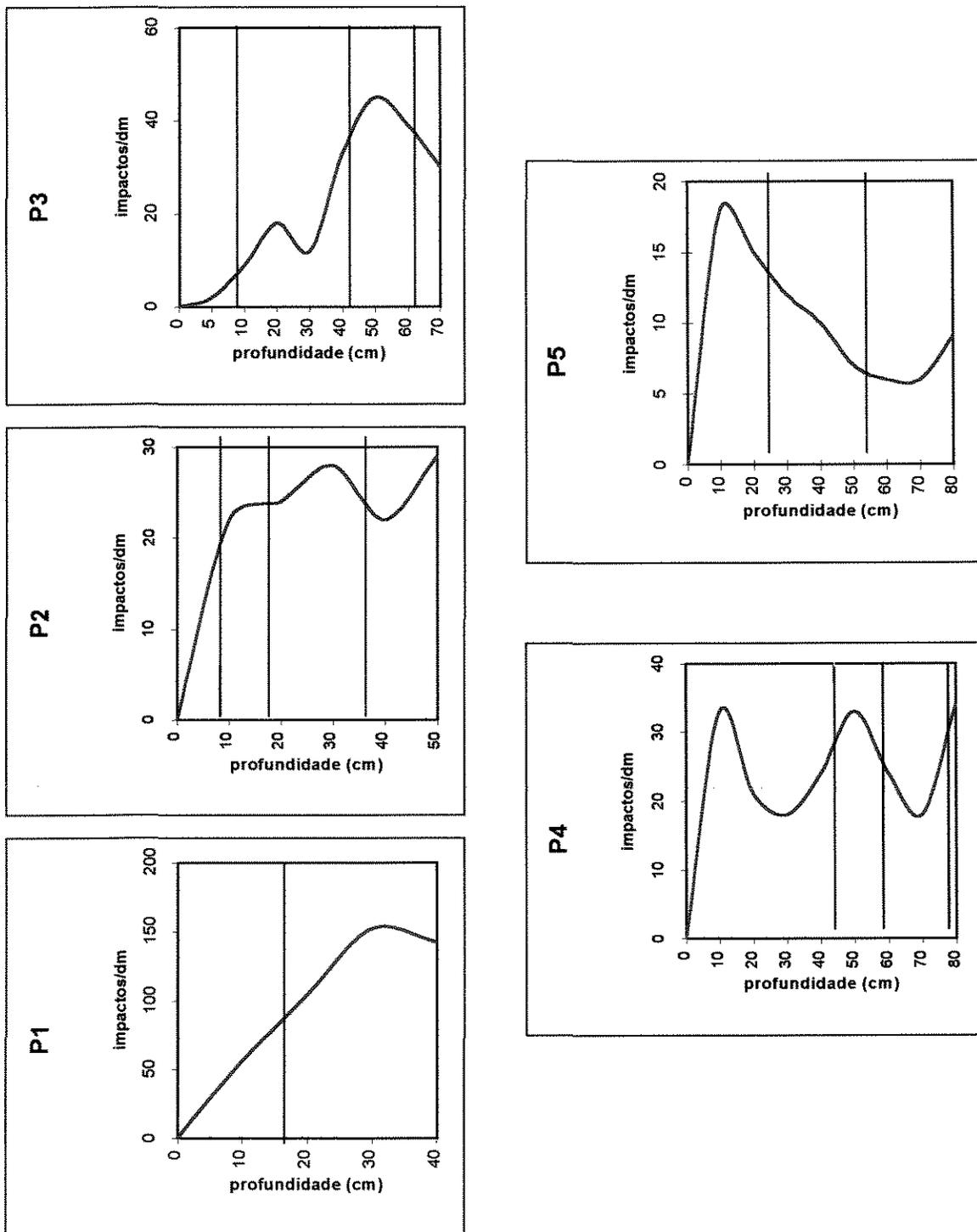


Figura 7 : Representação gráfica do teste de penetrabilidade dos perfis com os respectivos horizontes/camadas

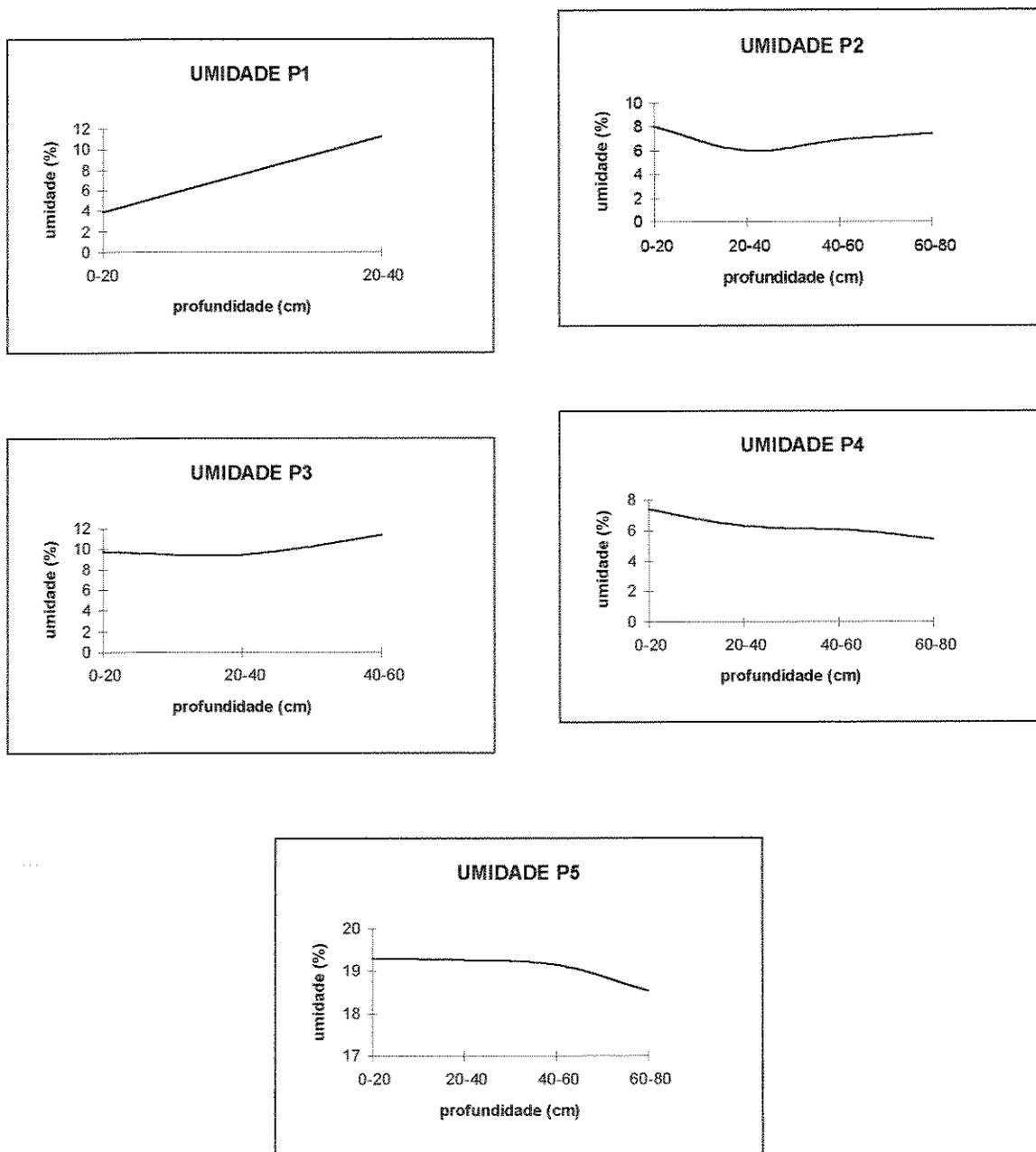


Figura 8 : Gráficos representativos das umidades encontradas no instante do teste de penetrabilidade

4.3.3 Porosidade

Quadro 6 : Porosidade total, macroporosidade e microporosidade dos perfis

Perfil/horizonte ou camada	porosidade total (%)	microporosidade (%)	macroporosidade (%)
P1 A	45	31	14
P1 A/Cr	47	37	10
P1 Cr	41	37	4
P1 R	---	---	---
P2 Ap	47	36	11
P2 Cr/A	47	30	17
P2 Ab	41	40	1
P2 Cr1/A	44	33	11
P2 Cr2	40	32	8
P2 Cr3	36	30	6
... P2 Cr4	40	31	9
P3 A1	69	28	41
P3 A2	60	30	30
P3 Cr/A	55	37	18
P4 Ap	44	34	10
P4 A	43	31	13
P4 Cr1	---	---	---
P4 Cr2	---	---	---
P5 A	53	30	23
P5 Bi	52	29	23
P5 BiC	50	31	19
P5 C	48	35	13
P5 Cr	---	---	---

4.3.4 Água disponível e camada de água disponível

Quadro 7 : Água disponível e camada de água disponível de cada perfil analisado

Perfil/horizonte ou camada	C.c. %	U. mu %	D.S.	Prof. (cm)	AD %	CAD (cm)
P1 A	22,85	4,2	1,47	16	18,65	4,39
P1 A/Cr	29,45	8,26	1,38	24	21,19	7,02
P1 Cr	29,66	9,35	1,47	28	20,31	8,36
P2 Ap	32,1	6,21	1,42	9	25,89	3,31
P2 Cr/A	27,3	5,93	1,35	8	21,37	2,31
P2 Ab	35,25	6,05	1,54	19	29,2	8,54
P2 Cr1/A	27,8	7,07	1,44	14	20,73	4,18
P2 Cr2	27,82	6,92	1,58	31	20,9	10,24
P2 Cr3	25,82	6,31	1,55	41	19,51	12,40
P2 Cr4	27,66	6,89	1,53	38	20,77	12,08
P3 A1	24,42	14,91	0,8	8	9,51	0,61
P3 A2	22,82	15,08	1,07	32	7,74	2,65
P3 Cr/A	30,02	19,61	1,15	20	10,41	2,39
P4 Ap	25,9	4,6	1,43	41	21,3	12,49
P4 A	23,18	4,45	1,45	8	18,73	2,17
P5 A	32,48	15,16	1,18	25	17,32	5,11
P5 Bi	23,14	12,16	1,21	28	10,98	3,72
P5 BiC	22,62	10,37	1,26	27	12,25	4,17
P5 C	21,11	10,92	1,33	36	10,19	4,88
P5 Cr	23,91	12,03	1,47	24	11,88	4,19

Onde: C.c.% - Capacidade de campo
 U. mu % - Umidade de murchamento
 D. S. - densidade do solo em $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$
 AD% - água disponível= $Cc\% - U \text{ mu}\%$
 CAD - camada de água disponível

4.3.5 Contatos lítico e litóide

Quadro 8 : Resultados do teste da pá e de dispersão em água dos perfis

Perfil e horizonte/camada	Escavação com pá *	% material não disperso (p/p) **
P1 Cr	PRATICÁVEL	92
P1 R	IMPRATICÁVEL	88
P2 Cr1/A	PRATICÁVEL	91
P2 Cr2	PRATICÁVEL	90
P2 Cr3	PRATICÁVEL	49
P2 Cr4	IMPRATICÁVEL	81
P3 Cr/A	PRATICÁVEL	95
P3 Cr	PRATICÁVEL	92
P3 R	IMPRATICÁVEL	99
P4 Cr1	PRATICÁVEL	51
P4 Cr2	PRATICÁVEL	46
P4 R	IMPRATICÁVEL	53
P5 Cr	PRATICÁVEL	92

* no teste da escavação com pá considerou-se:
 contato litóide - praticável a penetração
 contato lítico - impraticável a penetração

** no teste de dispersão considerou-se:
 contato litóide - 50 a 97% de material não disperso
 contato lítico - 98 a 100% de material não disperso
 sem contato - menos que 50% de material não disperso

Quadro 9 : Vegetação atual, porcentagem de enraizamento e descrição de fraturas e raízes.

Perfil e horizonte/camada	Vegetação atual	% de enraizamento	Descrição e localização das raízes e espaçamento entre fraturas
P1 A	PASTO	12	abundantes finas e médias
P1 A/Cr		10	comuns finas e médias
P1 Cr		10	poucas médias e abundantes finas, restritas às superfícies de fraturamento horizontais e verticais com espaçamento inferior a 10cm
P1 R		sem raiz	raras finas, restritas às fraturas com espaçamento superior a 10cm
P2 Ap	PASTO	13	abundantes/comuns finas
P2 Cr/A		11	comuns finas mesmo nos blocos de arenito
P2 Ab		11	comuns finas
P2 Cr1/A		11	comuns finas, restritas às fraturas com espaçamento inferior a 10cm
P2 Cr2		11	comuns finas, restritas às fraturas com espaçamento inferior a 10cm
P2 Cr3		sem raiz	raízes e fraturas ausentes
P2 Cr4	sem raiz	raízes e fraturas ausentes	
P3 A1	MATA NATURAL	12	abundantes finas e médias, raras grossas
P3 A2		11	abundantes finas e médias, raras grossas
P3 Cr/A		9	comuns finas e médias, raras grossas, restritas às fraturas com espaçamento inferior a 10cm
P3 Cr		9	comuns finas, raras médias e grossas, nas fraturas com espaçamento inferior a 10cm
P3 R		sem raiz	----
P4 Ap	PASTO	11	comuns finas e médias
P4 A		10	comuns finas e médias
P4 Cr1		8	abundância de raízes, restritos às fraturas com espaçamento superior a 10cm
P4 Cr2		sem raiz	abundância de raízes, restritas às fraturas com espaçamento superior a 10cm
P4 R		sem raiz	raras, restritas às fraturas com espaçamento superior a 10cm
P5 A	CAPOEIRA	12	abundantes finas e médias
P5 Bi		9	comuns finas e médias
P5 BiC		11	comuns/poucas finas, restritas às fraturas com espaçamento inferior a 10cm
P5 C		12	raras finas
P5 Cr		sem raiz	comuns finas, entre fissuras espaçadas a menos de 10cm

Quadro 10 : Contatos constatados em cada tipo de teste

PERFIL E HORIZONTE/CAMADA	TESTE DE DISPERSÃO	TESTE DA PÁ	FRATURAS / ENRAIZAMENTO*
P1 Cr	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO
P1 R	LITÓIDE	LÍTICO	LITÓIDE
P2 Cr1/A	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO
P2 Cr2	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO
P2 Cr3	SEM CONTATO	LITÓIDE	LÍTICO
P2 Cr4	LITÓIDE	LÍTICO	LÍTICO
P3 Cr/A	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO
P3 Cr	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO
P3 R	LÍTICO	LÍTICO	NÃO QUANTIFICADO
P4 Cr1	LITÓIDE	LITÓIDE	LITÓIDE
P4 Cr2	SEM CONTATO	LITÓIDE	LITÓIDE
P4 R	LITÓIDE	LÍTICO	LITÓIDE
P5 Cr	LITÓIDE	LITÓIDE	SEM CONTATO

* no teste de fraturas e raízes considerou-se:

contato litóide - espaçamento entre fraturas maior que 10cm e presença de raízes

contato lítico - espaçamento entre fraturas maior que 10cm e ausência de raízes

sem contato - espaçamento entre fraturas menor que 10cm.

Os saprolitos de solos rasos possuem grande importância, por serem, neste caso, uma zona passível de exploração do sistema radicular das plantas, já que se encontram mais próximos à superfície do solo. O conhecimento de seu comportamento, organização e constituição enfatizando aspectos como manejo,

infiltração, retenção de água, porosidade, etc, é de suma importância para o uso racional desses solos.

Estando muito próximos à rocha, os saprolitos ainda não sofreram uma alteração acentuada, apresentando, portanto, uma alta relação com esta. Mantendo a “matrix” da rocha original, apresentam diferentes graus de alteração, provavelmente diferindo entre si.

Devido a estes fatores, sua descrição e características são necessárias tanto quanto para o *solum* de solos mais profundos.

Utilizando-se diversas análises, visando sua caracterização, procurou-se constatar tais diferenças.

Estabelecido como referencial taxonômico a publicação intitulada “Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil” (CAMARGO et al., 1987), classificaram-se os perfis.

O área representada pelo perfil 1 e mapeada como Solo Litólico por OLIVEIRA et al. (1979), após a análise dos dados foi classificada, neste estudo, como Regossolo. De acordo com o referencial taxonômico utilizado, os solos litólicos, além dos solos rasos, devem apresentar perfil AR com ou sem horizonte C interveniente pouco espesso, o que não ocorre neste área. Foi classificada como Regossolo por apresentar uma sequencial ACrR, sendo o horizonte/camada Cr branda, não possuir horizonte diagnóstico de subsuperfície, sua textura não ser areia nem areia franca (se tivesse minerais primários, estes precisariam estar numa quantidade superior a 4%), ser formado em saprolito contendo minerais

intemperizáveis e não ser formado em sedimentos fluviais (excluindo portanto a possibilidade de ser um solo aluvial ou um solo litólico).

Sendo um solo eutrófico com argila de atividade alta e saprolito a partir dos 16cm, originário de siltitos da Formação Itararé do Grupo Tubarão, o exame dos difratogramas de raio-x (Anexo 1) demonstrou que os argilominerais dominantes são a caulinita e a mica; à partir da 2ª. seção (A/Cr, Cr e rocha), encontra-se a presença de montmorilonita. A capacidade de troca catiônica (CTC) após o desconto da matéria orgânica (MO) aumenta em profundidade; este fato se deve, provavelmente, à presença da montmorilonita a partir do horizonte A/Cr, fato refletido também no valor da CTC, onde apresentou $32\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ e passou para $111\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ na rocha.(Quadro 1)

Considerando-se que os valores S(soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica) e V% (saturação por bases) são de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo e ao emprego de adubos e corretivos e utilizando-se estes atributos para se determinar esta fertilidade, pode-se constatar que o perfil 1 apresenta teores médios em todas as seções para todos os atributos (Quadro 1). Assim, considera-se que os solos representados por este perfil possui fertilidade média, apresentando-se como eutrófico com argila de atividade alta e, segundo CATANI e JACINTHO (1974), com teores médios de Ca e K trocáveis e altos para Mg. Relacionando-se somente a fertilidade como fator de limitação na avaliação da aptidão agrícola, (EMBRAPA/SNLCS, 1978) este perfil encontra-se com grau de limitação ligeira, com capacidade de manter boas colheitas durante vários anos, com pequena exigência de nutrientes para manter seu estado nutricional.

Em relação à presença de camadas compactadas ou adensadas constatadas pelo teste de penetrabilidade, o perfil 1 apresenta uma camada adensada à partir dos 30cm (Figura 7), o que vai de encontro ao resultado obtido para a densidade do solo (Quadro 1). Segundo VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949), não há nenhuma restrição ao enraizamento em densidades aparentes inferiores a $1,6\text{g/cm}^3$. Logo, neste caso a densidade não constitui fator de limitação para a penetração de raízes. No entanto, constata-se através da porosidade (Quadro 6) que ocorreu um aumento da microporosidade em detrimento da macroporosidade.

Constata-se, neste perfil, o saprolito presente a 40cm da superfície, a presença comum de raízes e fraturamento com espaçamento inferior a 10cm nesta porção(Quadro 9 e Fotos 3 e 4), bem como sua densidade inferior à considerada como restritiva ao enraizamento. Segundo KIEHL (1979), o volume ideal de poros de um solo ou porosidade total ideal varia de 35 a 50% nos solos arenosos e 40 a 60% nos argilosos sendo o ideal que 2/3 sejam representados por microporos e 1/3 por macroporos. Este perfil apresenta uma porosidade total próxima da ideal; no entanto, a redução da macroporosidade para 4% na camada Cr é indício de problemas relacionados à aeração do solo e, conseqüentemente, ao enraizamento(Quadro 6). Possui um índice k_i relativamente alto, indicando um estágio de intemperização pequeno e possível disponibilidade de minerais primários constituintes na rocha original. O perfil apresenta uma camada de água disponível de 19,77cm nos 68cm analisados (Quadro 7), possuindo na camada Cr um teor de 20% de água disponível, semelhante aos horizontes suprajacentes, indicando,

conjuntamente com os dados relativos à microporosidade, que esta camada apresenta a mesma capacidade de retenção de água que seus horizontes superiores.

Diante de todos estes fatos, a profundidade efetiva deste solo deve ser estimada considerando-se não somente o *solum* (horizontes A e B ou A, se B ausente), mas também a camada Cr.

O área do perfil 2, classificada como Solo Litólico por OLIVEIRA e PRADO (1989), foi aqui reclassificada como Regossolo por apresentar perfil AC formado em saprolito contendo minerais intemperizáveis.

Originado de arenitos da Formação Pirambóia do Grupo São Bento e classificado como um Regossolo eutrófico com argila de atividade alta, apresenta na análise dos difratogramas (Anexo 1), a caulinita, mica e interstratificados montmorilonita-clorita. Na última seção (Cr4) não se tem mais o indício da presença de caulinita, apresentando somente montmorilonita e mica. Os valores de CTC, após desconto da MO, decrescem em direção à superfície, sendo que nas camadas próximas à rocha original (Cr3 e Cr4) apresentam valores bastante elevados (234 e 249cmol(+).kg⁻¹), provavelmente devido à maior proximidade com a rocha original.

Apresenta teores altos para o V% e para S e teor médio para a CTC (Quadro 2), com exceção das seções denominadas Cr3 e Cr4, que apresentam teores altos para CTC, médio para S e baixo para V%. Apesar de não apresentar o caráter álico, a saturação com Al é maior nos horizontes Cr/A e Cr4. Considerando-se esses atributos, este solo apresenta-se com fertilidade boa, sendo eutrófico, com argila de atividade alta e, segundo CATANI e JACINTHO (1974), possui altos teores

de Ca e Mg e médio teor de K. Levando em conta apenas a fertilidade, este solo possui limitação nula, possibilitando bons rendimentos durante muitos anos.

No perfil 2, a constatação da camada adensada dá-se aproximadamente aos 10cm da superfície (Figura 7), onde já se encontra no perfil uma seção denominada Cr/A, isto é, com influência do saprolito; porém a densidade do solo é de 1,35g/cm³ (Quadro 2), não constituindo fator de limitação física para o sistema radicular. Os índices de porosidade desta seção permaneceram constante para porosidade total, com decréscimo da microporosidade e acréscimo da macroporosidade (Quadro 6).

Neste perfil o Cr está presente à partir dos 36cm, possuindo raízes comuns finas, restritas às fraturas com espaçamento inferior a 10cm (Quadro 9), bem como densidade inferior à considerada como restritiva ao enraizamento (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1949).

Apresentando uma porosidade total próxima da ideal (KIEHL, 1979), constata-se certa deficiência no que concerne à macroporosidade, porém não tão elevada quanto no perfil 1. No entanto, no horizonte denominado Ab(?), encontra-se uma macroporosidade de 1%, extremamente restritiva ao enraizamento, que concorda com os resultados obtidos pela porcentagem de enraizamento (Quadro 9). Este fato se deve, provavelmente, à compactação desta camada pelo superpisoteio, já que a área do perfil é utilizada como pastagem. A porcentagem de microporos mantém-se constante ao longo do perfil, com exceção do horizonte Ab(?), onde ela aumenta consideravelmente. Essas considerações levam a crer que as camadas denominadas Cr apresentam considerável capacidade de retenção de água neste perfil.

Novamente se incorre à consideração de que a profundidade efetiva deste solo deve considerar também o saprolito.

Após a análise dos dados, a área do perfil 3, classificado como Solo Litólico por OLIVEIRA e PRADO (1989), foi reclassificada neste trabalho como Regossolo por apresentar perfil AC com espessura superior a 50cm.

Sendo eutrófico com argila de atividade alta e originado de folhelhos da Formação Corumbataí, evidencia, através do exame dos difratogramas, a presença de mica e quartzo ao longo de todo o perfil. A CTC após o desconto da MO cresce em profundidade, atingindo valores de 234 e 249cmol(+).kg⁻¹ nos horizontes Cr3 e Cr4.

Neste, encontram-se altos teores de S e CTC e médios para V% (Quadro 3). Possui altos teores de Ca e Mg e teores médios para K; a saturação por Al é baixa, não apresentando o caráter álico. Sendo um solo eutrófico com argila de atividade alta e altos teores de MO, apresenta-se com limitação ligeira para fertilidade, mantendo boas colheitas por vários anos, com pequena exigência de fertilizantes para manter seu estado nutricional.

Pelo teste de penetrabilidade (Figura 7) constatou-se uma camada adensada a partir dos 45cm (Cr/A), evidenciado também pelo aumento da densidade do solo, não constituindo, no entanto, uma camada de impedimento ao enraizamento.

O saprolito a partir dos 60cm da superfície e a presença comum de raízes e abundância de fraturas com espaçamento inferior a 10cm (Quadro 9), além de possuir uma densidade inferior àquela considerada impeditiva ao

enraizamento (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1949), indica que este perfil não apresenta restrições à penetração radicular.

Sua porosidade total é próxima da ideal (KIEHL, 1979), no entanto, apresenta uma elevada quantidade de macroporos em relação aos microporos, que se inverte em profundidade, atingindo uma relação aproximada de 70% de microporos e 30% de macroporos na seção Cr/A. Este dado reflete-se nos dados obtidos para a quantidade de água disponível, que é maior no horizonte Cr/A (Quadro 7) e pelo teste de penetrabilidade. Considerando-se que o teor de água disponível é praticamente uniforme nos horizontes analisados, pode-se dizer que o horizonte Cr/A apresenta tanto ou maior capacidade de retenção de água que os horizontes suprajacentes.

Sendo um perfil pouco estudado e atípico, acredita-se na necessidade de estudos mais minuciosos a fim de caracterizá-lo através de técnicas mais apuradas (micromorfologia, estudo da gênese, etc) do que as usadas rotineiramente.

A área do perfil 4, classificado como Solo Litólico por OLIVEIRA e PRADO (1989), após as análises dos dados obtidos por este estudo foi reclassificada como Regossolo por apresentar perfil AC formado em saprolito contendo minerais intemperizáveis.

Originário de arenitos da Formação Pirambóia, com caráter eutrófico e argila de atividade alta, apresenta nas seções Ap, A1 e Cr1, mica e montmorilonita como argilominerais; na 4ª. seção (Cr2) encontra-se a presença de caulinita, gibbsita e montmorilonita. A CTC, após o desconto da MO, cresce em

profundidade, sendo de $431\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ no horizonte Cr2. J. B. de OLIVEIRA (Comunicação pessoal, 1996) assinala ter encontrado solos amostrados próximos a este perfil igualmente com argilas com picos intensos de montmorilonita e elevados teores de CTC, atribuindo tal fato à expressiva presença de arenitos arcossianos nestas áreas.

Apresentando teores altos de S, CTC e V%, com altos teores de MO e deficiência aparentemente somente no elemento K (Quadro 4), o perfil 4 se enquadra em fator de limitação nulo para fertilidade. O baixo teor de K ao longo do perfil (com exceção do horizonte Ap) deve-se, provavelmente, ao fato de estas seções possuírem um elevado teor de Ca e Mg, reduzindo a absorção do K; os elevados teores de P nas seções inferiores (Cr1 e Cr2) provavelmente são consequência da precipitação dos íons fosfato sobre a superfície das partículas de CaCO_3 (MELLO et al., 1987).

No perfil 4, o teste de penetrabilidade evidenciou 3 camadas adensadas (Figura 7), porém na ausência de dados relativos à densidade do solo e à porosidade à partir dos 50cm de profundidade (justificados pela dificuldade na obtenção de amostras indeformadas), não se pôde comparar os resultados de penetrabilidade com a densidade do solo. Acredita-se que tais adensamentos sejam devidos às características intrínsecas do solo, e não de uma compactação provocada.

Apresenta o saprolito deste perfil abundância de raízes restritas ao fraturamento com espaçamento superior a 10cm, além de densidade do solo inferior àquela considerada impeditiva ao enraizamento.

Sua porosidade total é praticamente constante nos 2 horizontes amostrados (Ap e A), porém, a impossibilidade de obtenção de amostras

indeformadas a partir da camada Cr1 e Cr2 não permite analisar os dados relativos à porosidade e disponibilidade de água destas seções.

O índice ki elevadíssimo ao longo de todo o perfil indica um grau de intemperização muito baixo, que é compatível com os elevados teores do complexo sortivo.

Caulinita e gibbsita são os argilominerais constatados pelo difratograma de raio-x (Anexo 1E), referente ao perfil 5, classificado como um Cambissolo Álico com argila de atividade baixa e originário de rochas graníticas do período Pré-cambriano; apresenta, ao longo de todo o perfil, a mesma constituição mineralógica qualitativa e praticamente não ocorre uma alteração significativa da CTC após o desconto da MO. Apenas na 4^a. seção (Cr1) ocorre uma leve elevação da CTC, atingindo $11\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$.

O perfil 5 apresenta sérios problemas com relação à fertilidade. É um solo álico, com teores baixos em S e V% e médio a baixo na CTC, além de teores baixos nos elementos Ca e Mg e altos teores de MO. Enquadra-se como de limitação forte, que pode refletir em baixos rendimentos da maioria das culturas e pastagem, desde o início da exploração agrícola, devendo ser corrigida essa deficiência na fase inicial de sua utilização.

No perfil 5 a camada adensada foi constatada aos 10cm de profundidade pelo teste de penetrabilidade (Figura 7), no entanto, os dados relativos à densidade do solo (Quadro 5) e porosidade (Quadro 6) não evidenciam tal fato, levando-nos a crer que na camada de 10cm houve algum fator de impedimento à

penetração, como por exemplo algum fragmento de rocha de dureza abrandada. Os dados relativos à porosidade apresentam-se constantes ao longo do perfil.

Com saprolito a partir dos 80cm de profundidade e presença comum de raízes finas entre as fissuras, além de uma densidade baixa, este material não se apresenta como impedimento ao enraizamento.

Constata-se neste perfil uma porosidade total próxima da ideal, com uma razoável distribuição entre macro e microporosidade, indicando que provavelmente as raízes não encontrariam restrições, quanto ao excesso ou escassez de água, devidas à porosidade.

Possuindo um k_i bastante baixo, inferior ao limite para os solos ditos como mais velhos, tal perfil encontra-se num estágio avançado de intemperização.

No horizonte mais superficial (A) deste perfil encontra-se um maior teor de água disponível em relação ao restante do perfil. No entanto, a partir do 2º. horizonte (Bi) este teor permanece aproximadamente constante, ratificando as afirmações de que o saprolito pode apresentar a mesma capacidade de retenção de água que os horizontes suprajacentes.

Diante das considerações feitas para cada perfil, fica evidente que cada saprolito tem suas próprias características com relação à disponibilidade de água, grau de fraturamento e intemperização, porosidade, densidade, etc, necessitando, para uma distinção mais clara entre estes diferentes volumes, uma taxonomia específica para tal material, inclusive para servir como critério distintivo das classes de solos rasos.

De acordo com as conceituações para contatos lítico e litóide, os critérios para suas identificações em campo e em laboratório são: dispersão, penetrabilidade (teste da pá), dureza (pela escala de Mohs), fraturamento e enraizamento.

A realização do teste utilizando-se a escala de Mohs, para identificação da dureza do material, parece ser pouco utilizada, pois nossos solos são normalmente originados de material constituído por mais de um mineral, dificultando a identificação de sua dureza pela referida escala.

O teste de dispersão (Quadro 8) indica um parâmetro razoável de identificação, porém demanda disponibilidade maior de tempo, o que inviabiliza sua realização em campo durante o levantamento, vindo a realizar-se posteriormente, em laboratório, através de amostras coletadas no campo.

O teste da pá (Quadro 8), realizado em campo, é normalmente o mais utilizado; no entanto, faltam critérios para sua aplicação. Alguns fatores como umidade do material, forma e intensidade de aplicação de força humana, dimensionamento da ferramenta (pá), demonstram que os resultados inferidos por tal teste é aleatório, sendo utilizado o bom senso do técnico, incorrendo em erros de padronização para tal teste.

Considerando-se que tais contatos foram estabelecidos para se detectar uma camada de restrição ao enraizamento, há que se considerar que sua presença atue de tal forma. No entanto, muitas vezes o contato litóide é constatado por um dos critérios e no entanto não se apresenta como uma camada de restrição ao enraizamento.

Nota-se que ocorre uma certa divergência nos critérios a serem empregados para identificação dos contatos, principalmente no contato litóide, já que dificilmente encontrar-se-á tal contato que preencha todos os critérios de identificação. Se apenas um dos critérios for necessário para se constatar tal contato, pode ser que este não caracterize uma camada subjacente com impedimento ao enraizamento.

Outro fator seria a não quantificação dos critérios, isto é, quando se considera que o material “não dispersa” ou “dispersa parcialmente”. Quanto seria “dispersa parcialmente” e “não dispersa”?

A presença do contato lítico é mais clara, pois dá-se entre um horizonte subjacente e a rocha, enquanto que o contato litóide se dá-se entre um horizonte subjacente (horizontes B ou A, se B for ausente) e o saprolito.

Verifica-se, através dos testes realizados, que na maioria dos casos não existe uma correspondência entre os resultados encontrados (Quadro9). Os únicos perfis que apresentaram correspondência de resultados entre os três tipos de teste foram os perfis 3 e 4. Nestes perfis foram constatados os contatos litóide (perfil 4) e contato lítico (perfil 3). No restante dos perfis (perfis 1,2 e 5) não houve correspondência em nenhum dos horizontes saprolíticos com a presença do contato.

Mesmo que tais contatos sejam constatados, verificou-se que, estabelecendo-se os parâmetros de densidade do solo que não permitem a penetração de raízes, segundo VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949), abaixo de tais contatos é permitida a penetração, já que os saprolitos abaixo destes não atingem tais densidades que caracterizem o impedimento. Deve-se também levar em conta que a penetração das raízes depende do tipo de planta que esta se levando em

consideração, isto é, plantas com uma maior força de penetração radicular poderá encontrar menor impedimento mesmo em saprolitos mais adensados e com a presença de contatos lítico ou litóide.

Provavelmente o teste da pá seja uma forma prática de se mensurar a fragilidade ou a densidade do solo, anteriormente à sua determinação em laboratório. Seria mais correto dizer que em tal teste, constata-se uma camada adensada?

O teste de dispersão também poderia dar um indicativo de tal densidade, no entanto parece que seu principal objetivo seria indicar o grau de erodibilidade que esta camada poderia sofrer. Sua dispersão em água, indicaria quanto deste material poderia ser perdido ou quanto ele está sujeito à erosão?

Materiais mais desestruturados como por exemplo o Perfil 3 , poderiam suportar uma vegetação mais agressiva do ponto de vista de enraizamento por apresentarem um fraturamento intenso, além do que o material de origem parece apresentar uma certa fragilidade. No entanto, até onde essa fragilidade não é prejudicial para este solo, já que pode apresentar um processo erosivo, como constatado nas estradas ao seu redor, que apresentam erosão em sulcos? Porém este mesmo solo, a poucos metros abaixo do perfil amostrado, apresenta-se cultivado com cana-de-açúcar.

No caso do Perfil 4, seu material de origem apresenta-se tão adensado que pode se caracterizar como uma camada de impedimento. Apresenta no perfil, entre os horizontes superiores e os subjacentes, um claro filme de água, demonstrando que ali existe uma camada de restrição à permeabilidade; no entanto, não se tem dados para constatar se em momento anterior à coleta ou alguns dias

antes, possa ter ocorrido uma chuva intensa, causando tal fato. Apesar de os horizontes suprajacentes não se apresentarem assim tão adensados, ocorreu a restrição, apesar de haver também nos horizontes subjacentes um material proveniente de arenito, que apresenta uma boa permeabilidade e drenagem (areias).

Seria conveniente, portanto, dar-se mais ênfase, no momento, à descrição e caracterização do saprolito, o que não ocorre nos levantamentos de solos atuais e nem nos levantamentos detalhados e ultradetalhados.

Utilizando-se a taxonomia para regolito-saprolito proposta por BUOL (1994), que é constituída por 4 categorias, procurou-se classificar os saprolitos dos 5 perfis. Primeiramente verificou-se que a camada Cr do perfil 1 superou os 100MPa estabelecidos pela taxonomia, para ser considerado um material regolítico-saprolítico (através da estimativa de resistência, em MPa, pelo teste de penetrabilidade). No entanto, utilizando-se a tabela de estimativa de resistência do material rochoso segundo Speight e Isbell (Anexo 2), citados por BUOL (1989) onde, conforme a resistência do material em seu estado intacto (quando pode ser observado nas mãos sem fendas), ao corte com faca, foi considerado moderadamente resistente (50-100MPa), podendo ser classificado por tal taxonomia. Aparentemente esta foi a única dificuldade em se enquadrar os materiais na proposta taxonômica, pois ficou-se em dúvida de qual estimativa de resistência deveria ser utilizada. Optou-se por utilizar a de Speight e Isbell, por terem sido citados por BUOL (1989), podendo não ser, no entanto, a mais apropriada, visto que o teste de penetrabilidade parece quantificar mais precisamente tal resistência.

Estabelecido tal critério, os saprolitos são facilmente enquadrados na 1ª. categoria como "SAPROLITE" (todo material identificado como rocha podre) (Quadro 12).

Para a 2ª. categoria, os critérios distintivos entre as classes são a dureza e a densidade do solo. Com exceção da camada Cr do perfil 1, todas as camadas denominadas Cr obtiveram a estimativa de resistência muito fraca a fraca (que correspondem a 1-25MPa e 25-50MPa, respectivamente) (Quadro 11). Cruzando-se os dados de estimativa de resistência com a densidade do solo, todas as camadas de todos os perfis se classificam como "EARAP" (Quadro 12).

À partir da 3ª. categoria, onde os tipos de rocha da qual os materiais foram originados é o critério distintivo, inicia-se uma diferenciação entre os saprolitos dos perfis estudados; no entanto, incluindo as rochas sedimentares em uma única classe sem diferenciação, parece tornar pouco eficiente esta categoria , visto que materiais com comportamentos diferenciados estarão locados em uma mesma classe. Com exceção do Perfil 5, originado de granito, portanto classificado como "GRANEARAPS", todos os outros saprolitos foram classificados como "SEDEARAPS" (Quadro 12).

Sendo a 4ª. categoria "somente sugestões cruas"(BUOL, 1994) e necessitar ainda de complementação e mais estudos, até o momento estabelece como critérios distintivos o conteúdo de argila e a presença de calcário ou carvão. Parece que tal categoria realmente necessita de aprimoramento, estabelecendo-se mais critérios para maior distinção entre os saprolitos; no entanto, nesta categoria os saprolitos se diferenciam taxonomicamente (Quadro 11).

A proposta taxonômica de BUOL (1994), pareceu-nos eficiente somente no momento de definir o que é considerado solo e como distinguir o saprolito de outros materiais. À partir da 2ª. categoria, incorre-se à mesma inconsistência já encontrada na taxonomia brasileira, isto é, pouca distinção entre os diferentes saprolitos.

Na referida proposta taxonômica não é feita nenhuma menção quanto à presença dos contatos lítico e litóide, levando a crer que tais critérios tendem a ser abandonados em prol de uma descrição e taxonomia mais detalhada de tais porções do solo.

É evidente a necessidade de se aprimorar tal proposta , a par do que ocorre em nossa taxonomia, a fim de se agrupar os saprolitos que apresentem o mesmo comportamento, constituição e organização, procurando, assim, fornecer mais subsídios para a utilização racional dos solos rasos.

Quadro 11 : Estimativas de resistência x densidade do solo

PERFIL E HORIZONTE/CAMADA	Estimativa de resistência (S e I)*	Resistência (penetrabilidade)**	Densidade do solo
P1 Cr	mod. resistente	103	1.47
P2 Cr1/A	muito fraca	19	1.44
P2 Cr2	fraca	20	1.58
P2 Cr3	fraca	---	1.55
P2 Cr4	fraca	---	1.53
P3 Cr1	fraca	27	---
P4 Cr1	muito fraca	23	---
P4 Cr2	muito fraca	24	---
P5 Cr1	muito fraca	7	1.33
P5 Cr2	muito fraca	---	1.47

* Estimativa de resistência segundo Speight e Isbell (op. cit. BUOL, 1989)

** Resistência obtida através do teste de penetrabilidade (em MPa)

Quadro 12 : Classes taxonômicas segundo proposta de BUOL (1994)

PERFIL E HORIZONTE/CAMADA	1ª. Categoria	2ª. Categoria	3ª. Categoria	4ª. Categoria
P1 Cr	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	LOAMY SEDEARAPS
P2 Cr1/A	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	SANDY SEDEARAPS
P2 Cr2	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	SANDY SEDEARAPS
P2 Cr3	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	SANDY SEDEARAPS
P2 Cr4	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	SANDY SEDEARAPS
P3 Cr1	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	CLAYEY SEDEARAPS
P4 Cr1	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	SANDY SEDEARAPS
P4 Cr2	SAPROLITE	EARAP	SEDEARAPS	CALCIC SEDEARAPS
P5 Cr1	SAPROLITE	EARAP	GRANEARAPS	ELUVIATED GRANEARAPS
P5 Cr2	SAPROLITE	EARAP	GRANEARAPS	ELUVIATED GRANEARAPS

O fator limitante profundidade efetiva, nestes solos, merece considerações especiais. Considerada como a espessura do *solum* (horizontes A+B ou A se B ausente), a profundidade efetiva pode ser erroneamente inferida, como tem sido feito em muitos trabalhos de interpretação da aptidão agrícola ou capacidade de uso dos solos. Nos perfis P1 a P4, a profundidade efetiva é reduzida pela presença do saprolito a pouca profundidade, podendo constituir um fator limitante para um desenvolvimento radicular. No entanto, como já foi anteriormente observado, os horizontes/camadas Cr apresentam características distintas e, conseqüentemente, comportamentos diferenciados. Assim, aparentemente alguns horizontes/camadas Cr poderiam ser incluídas na estimativa da profundidade efetiva, já que não apresentam

restrição ao enraizamento e desempenham papel de fornecedores de água e nutrientes.

A inclusão de tal porção na profundidade efetiva dos solos rasos, quando estes apresentarem características tais como permissividade ao enraizamento, ausência de impedimentos químicos, capacidade de retenção e fornecimento de água, reserva nutricional, etc, ou seja, quando formar um contínuo com o *solum*, em termos fisiológicos, poderia servir de critério para se determinar de maneira mais precisa a aptidão agrícola destes solos.

Portanto, há que se estabelecer melhor os critérios para a taxonomia de solos rasos. O que deve ser considerado como *solum*? Somente os horizontes A e B, mesmo que este solo apresente um saprolito bastante alterado e possível fornecedor de nutrientes e água?

À par das diferentes características de cada saprolito, deve-se estabelecer uma taxonomia própria e nacional para tal porção e assim incluí-la no conceito das classes de solos rasos, propondo parâmetros adicionais aos atualmente existentes, a fim de se diferenciar e agrupar solos que realmente apresentem as mesmas aptidões.

Na tentativa de classificar tais volumes, propõe-se relacionar as classes de intemperismo de CLAYTON et al. (1979) (Anexo 3), as de SPEIGHT e ISBELL (Anexo 2) e citadas por BUOL(1989) e a taxonomia para saprolitos proposta por BUOL (1994), com os respectivos símbolos de horizontes/camadas e tipos de contato procurando-se assim classificar de maneira precisa os diferentes saprolitos e assim se obter uma idéia mais exata do que este pode representar em termos de impedimento ao enraizamento bem como para reserva nutricional e hídrica.:

Classes de intemperismo		Taxonomia BUOL	Tipo de contato	Nomenclatura Horizonte/camada
CLAYTON	SPEIGHT e ISBELL			
1	4-5	Rocha*	Lítico	R ₀
2	4-5	Rocha*	Lítico	R ₁
3-4	3	Arap	Litóide	Cr ₁
5-6	2	Arap	Litóide	Cr ₂
7	1	Idap	Litóide	Cr ₃
-	-	Earap	ausente	Cr ₄
**	-	-	ausente	C

* Material com resistência superior a 100MPa não sendo considerado saprolito

** Material não consolidado com ausência de estrutura da rocha

CONCLUSÃO

Existem diferenças entre as organizações, constituições e comportamentos dos saprolitos, evidenciando que, diferentemente do que vem sendo feito, os saprolitos devem ser identificados e classificados de acordo com suas características intrínsecas que denotam aptidões e manejos diferenciados.

Há necessidade de se estabelecer uma taxonomia nacional e específica para saprolitos devido à importância desse material e auxiliando na interpretação de mapas pedológicos.

Os critérios empregados para identificação dos contatos lítico e litóide na maioria dos casos não apresentam correspondência de resultados, demonstrando que necessitam de aprimoramento.

Na conceituação dos contatos, é pouco clara a forma de execução dos testes, ficando a critério do pedólogo como aplicá-los, podendo causar dúvidas na caracterização e definição dos tipos de solos.

Alguns saprolitos poderiam ser incluídos na estimativa da profundidade efetiva dos solos, por não apresentarem restrição ao enraizamento, além de desempenharem o papel de fornecedores de nutrientes e água.

A taxonomia proposta por BUOL (1994) para saprolitos necessita de um maior número de critérios para que se torne mais abrangente, já que utilizando-se os critérios disponíveis, pouca distinção é feita entre os diferentes saprolitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARKLEY, R.J. Soil moisture use by mixed conifer forest in a summer-dry climate. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 45:423-427, 1981.
- BALDWIN, M; KELLOGG, C.E; THORP, J. **Soil Classification Yearbook of Agriculture-Soil and Men**. Washington, U.S.D.A., 1938.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica (DNPEA). **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973b. (Boletim técnico, 30).
- BROWN, G. **The x-ray identification and crystal structures of clay minerals**. London, Mineralogical Society, 1961.
- BUOL, S.W. Saprolite taxonomy network. Agosto/1989. (Circular n.º 2)
- BUOL, S.W. Saprolite taxonomy network. Julho/1990. (Circular n.º 4)
- BUOL, S.W. Saprolite-Regolith Taxonomy-An Approximation. In: **Whole regolith pedology**. Soil Scienc Society of America, USA, 1994. (Special Publication, n.º 34)
- CAMARGO, M.N.; KLANT, E; KAUFFMAN, J.H. **Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil**. Separata do Boletim Informativo da Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1987.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ,A.C.; JORGE,J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas**. IAC, Campinas, 1986. (Boletim técnico, 106)
- CATANI, R.A.; JACINTHO, A.O. **Análise química para avaliar a fertilidade do solo**. ESALQ, Piracicaba, 1974. (Boletim técnico científico, 34)

- CLAYTON, J.L.; MEGAHAN, W.F.;HAMPTON, D. **Soil and bedrock properties** : Weathering and alteration products and processes in the Idaho Batholith. USDA-Forest Service Research, Utah, USA, 1979.(Paper INT-237)
- CURI, N. (coord.). **Vocabulário da Ciência do Solo** coordenado por Nilton Curi [com colaboração de] J.O.I Larach, N. Kämpf, A.C. Moniz e L.E.F. Fontes. Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Brasília, DF, 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2. ed. rev.atual. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1988. (Documentos, 3)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento - normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1988b.(Documentos, 11)
- ESTADOS UNIDOS. **Soil Taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, 1975. (Handbook, 436)
- ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. **Saprolite and Paralithic Contact Study**. North Carolina, 1975,.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Soil map of the world**. FAO/UNESCO, Paris, 1974. Mapa, escala 1:5.000.000.
- FUJIWARA, M. et al.. **A técnica de estudos de raízes pelo método do trado**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1994. (Boletim técnico, 153)
- GRAHAM, R.C.; TICE, K.R.; GUERTAL, W.R. The pedologic nature of weathered rock. In: **Whole regolith pedology**. Soil Scienci Society of America, USA, 22-40, 1994. (Special Publication, n.º 34)
- GROHMANN, F.; RAIJ, B.van. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, **Anais...**p.123-132, 1973.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, Escala 1:500.000, 1981.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**: advanced course. Madison, University of Wisconsin, 1969
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia** : Relações solo-planta. Editora Agrônômica "Ceres", São Paulo, 1979.

- LEMOS, R.C. de; SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. SBCS/SNLCS, Campinas, 1984.
- LEPSCH, I.F.; ROTTA, C.L.; VALADARES, J.M.A.S. Mineralogia, classificação e formas de potássio em solos da estação experimental de Pindorama, SP. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 2:63-68, 1978.
- LEPSCH, I.F.(coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2. ed. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.
- LIETZKE, D.A.; WEBER, R.S. The importance of Cr horizons in Soil Classification and Interpretations. **Soil Sci. Soc. Am. J**, 45: 593-599, 1981.
- MELLO F. de A.F. et al.. **Fertilidade do solo**. 3. ed. São Paulo, Nobel, 1987.
- OLIVEIRA, J. B. de; ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Regimes hídricos e térmicos dos solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, 1975. **Anais...** Campinas, 1975. Estudo preliminar.
- OLIVEIRA, J. B. de; MENK J.R.F; ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo-Quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- OLIVEIRA, J.B. de; PRADO, H. **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo-Quadrícula de Piracicaba**, Escala 1:100.000, 1989.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**, 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992.
- OLIVEIRA, J.B. de; van den BERG, M. **Relation between the soil units of the FAO-UNESCO soil map of the world legend and the soil classes used in Brazilian surveys**. Wageningen : ISRIC, 1996. (Technical paper, n.º 29)
- PRATT, P.F. Potassium. In: **Methods of soil analysis**. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin, 1965.
- SCHAFER W.M.; NIELSEN, G.A.; NETTLETON, W.D. Morphology of a paralithic contact in a soil over soft sandstone. **Soil Sci. Soc. Am. J**, 43:383-386, 1979.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 15:229-235, 1991.
- STOLT, M.H.; BAKER, J.C. Strategies for studying saprolite and saprolite genesis. In: **Whole regolith pedology**. Soil Scienci Society of America, USA, 1-19, 1994. (Special Publication, n.º 34)

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.. **The water balance**. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955.

THORP, J.; SMITH, G.D. Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil group. **Soil Science**, 67:117-126, 1949.

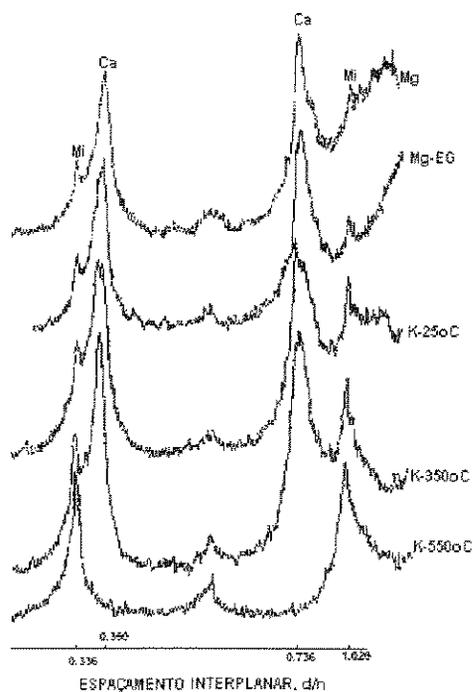
VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soil. **Soil Science**, 68:75-94, 1949.

VEPRASKAS, M.J. et al.. Hydraulic conductivity of saprolite as determined by channels and porous groundmass. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 55:932-938, 1991.

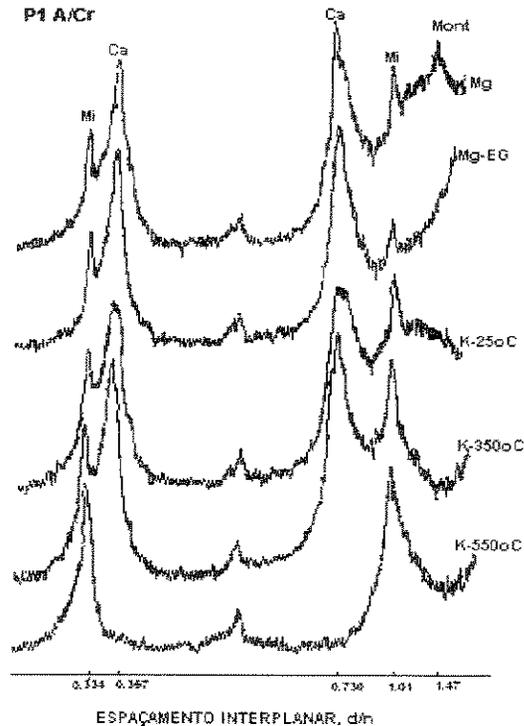
ANEXOS

Anexo 1A: Difractogramas de raio-x da fração argila desferrificada e orientada dos horizontes do Perfil 1. Ca: caulinita; Mi: mica; Mg e Mg-EG: argilas saturadas com Mg e etileno-glicol; K: argilas saturadas com K e aquecidas. Valores de d/n em nanômetros.

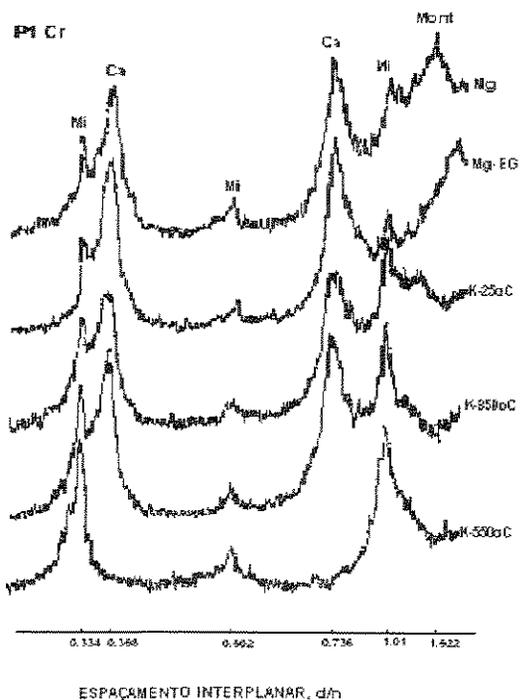
P1 A



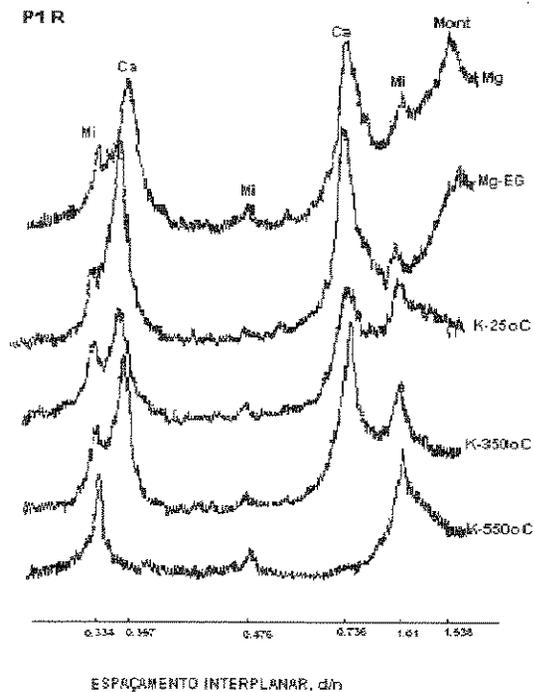
P1 A/Cr



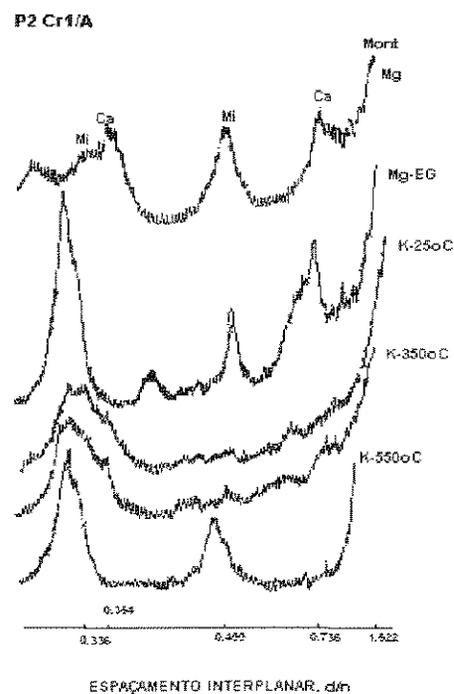
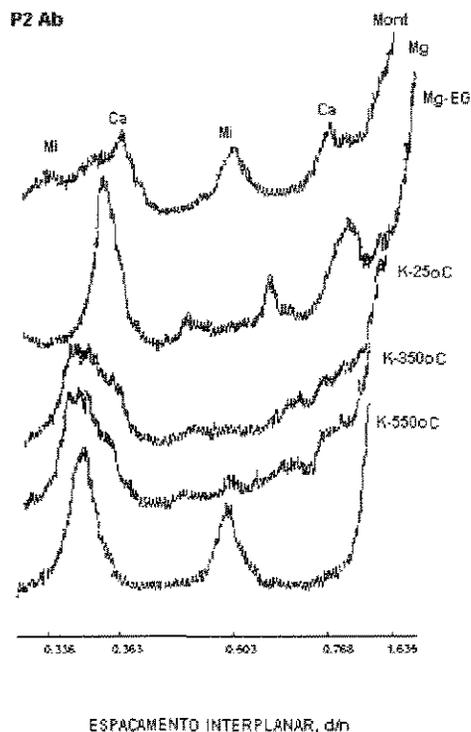
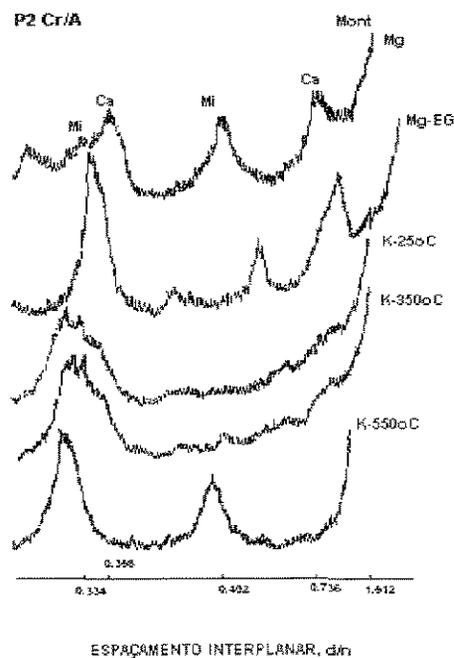
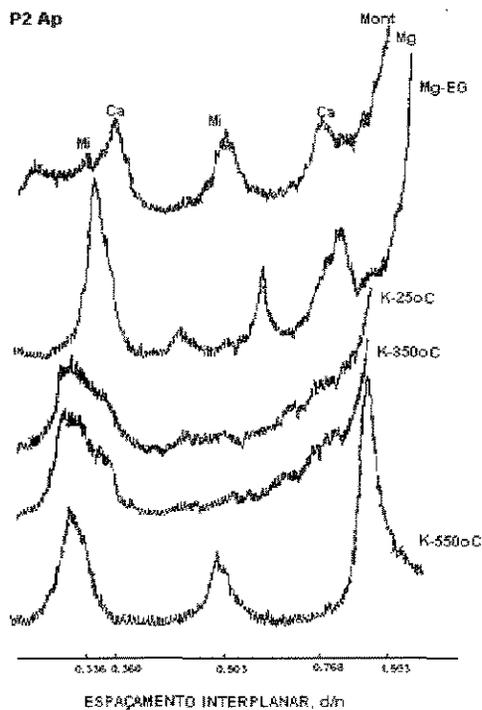
P1 Cr



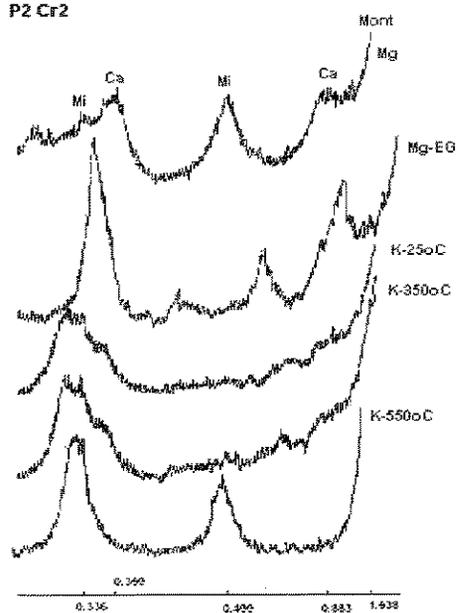
P1 R



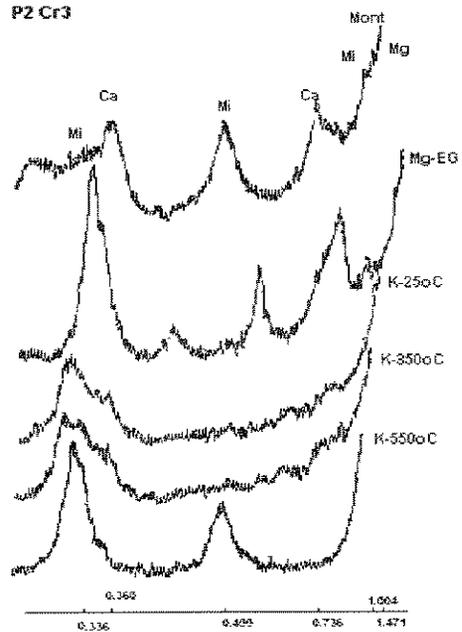
Anexo 1B: Difratogramas de raio-x da fração argila desferrificada e orientada dos horizontes do Perfil 2. Ca: caulinita; Mi: mica; Mont: montmorilonita; Mg e Mg-EG: argilas saturadas com Mg e etileno-glicol; K: argilas saturadas com K e aquecidas. Valores de d/n em nanômetros.



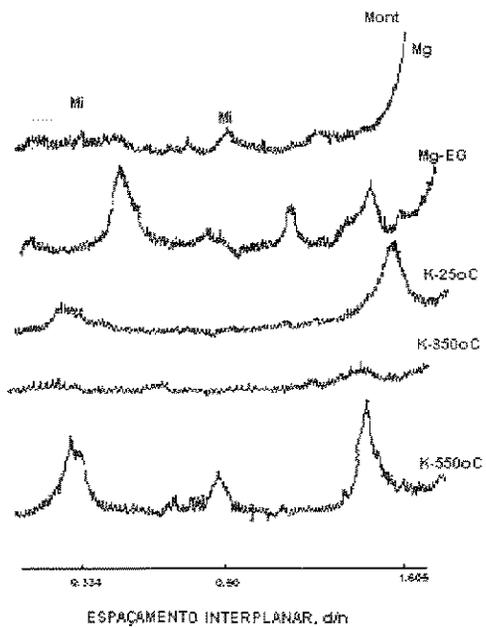
P2 Cr2



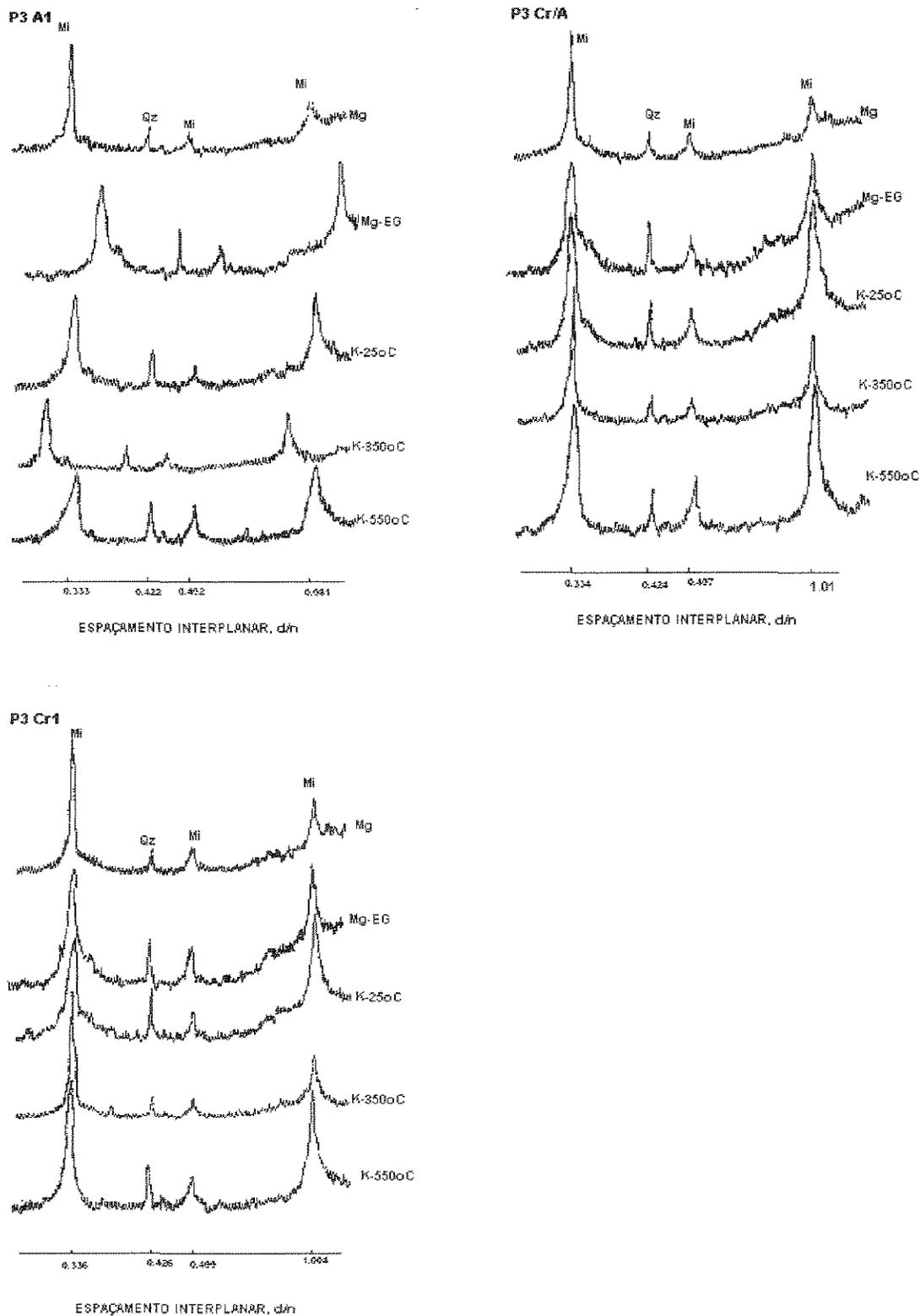
P2 Cr3



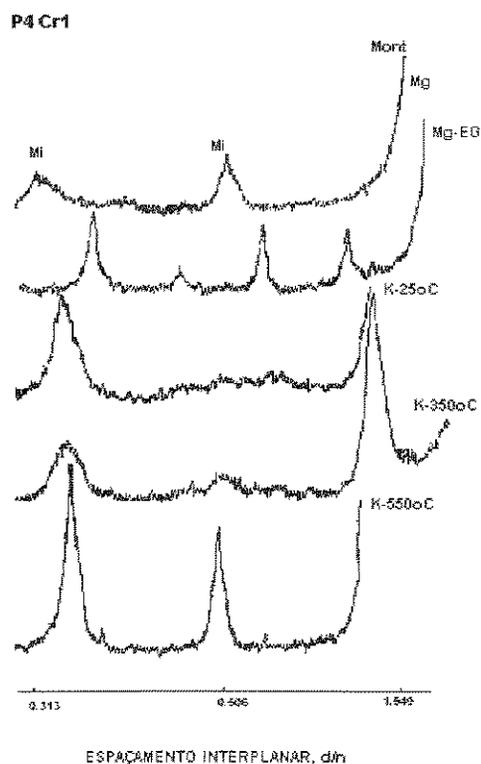
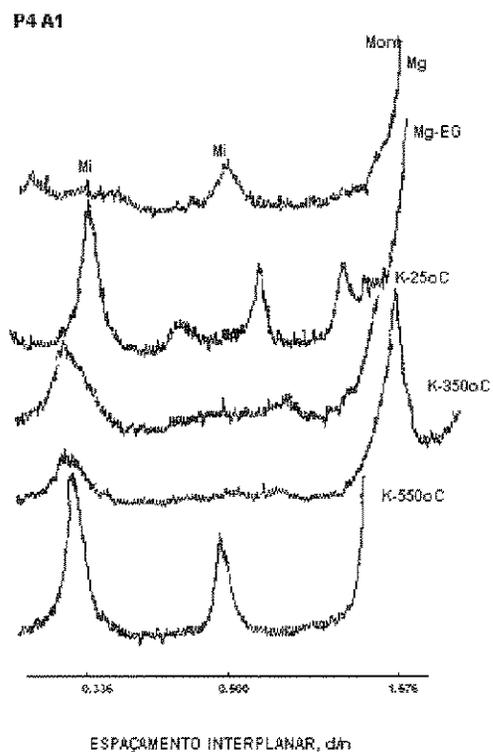
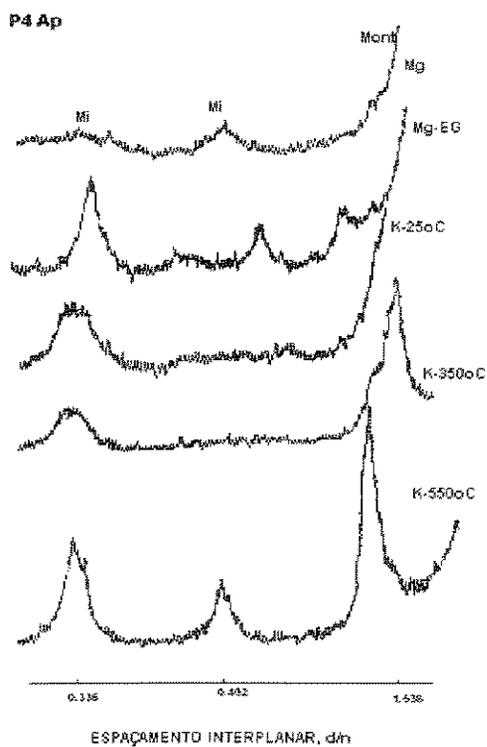
P2 Cr4



Anexo 1C: Difractogramas de raio-x da fração argila desferrificada e orientada dos horizontes do Perfil 3. Mi: mica; Qz: quartzo; Mg e Mg-EG: argilas saturadas com Mg e etileno-glicol; K: argilas saturadas com K e aquecidas. Valores de d/n em nanômetros.

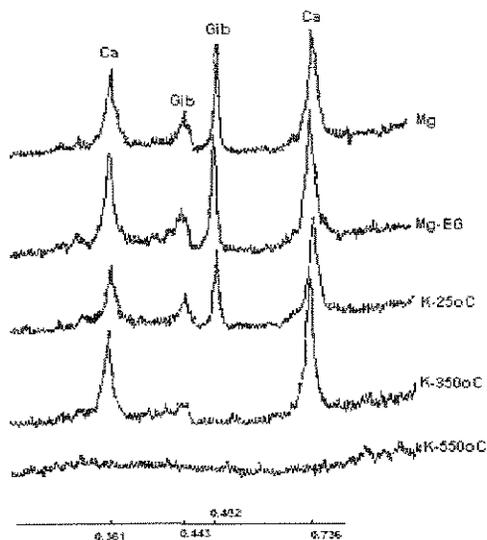


Anexo 1D: Difratoformas de raio-x da fração argila desferrificada e orientada dos horizontes do Perfil 4. Ca: caulinita; Mi: mica; Mont: montmorilonita; Gib: gibbsita; Mg e Mg-EG: argilas saturadas com Mg e etileno-glicol; K: argilas saturadas com K e aquecidas. Valores de d/n em nanômetros.



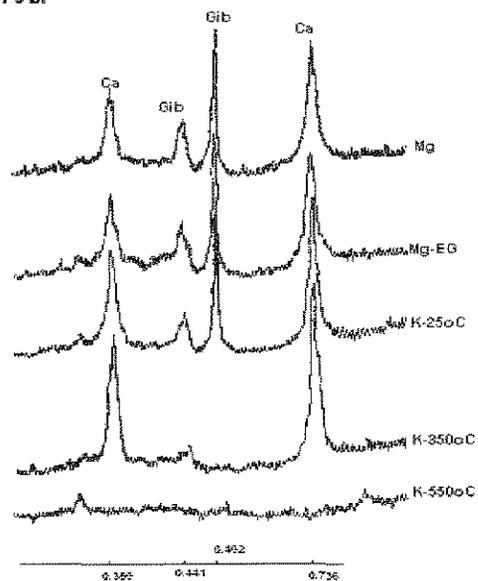
Anexo 1E: Difratogramas de raio-x da fração argila desferrificada e orientada dos horizontes do Perfil 5. Ca: caulinita; Gib: gibbsita; Mg e Mg-EG: argilas saturadas com Mg e etileno-glicol; K: argilas saturadas com K e aquecidas. Valores de d/n em nanômetros.

P5 A



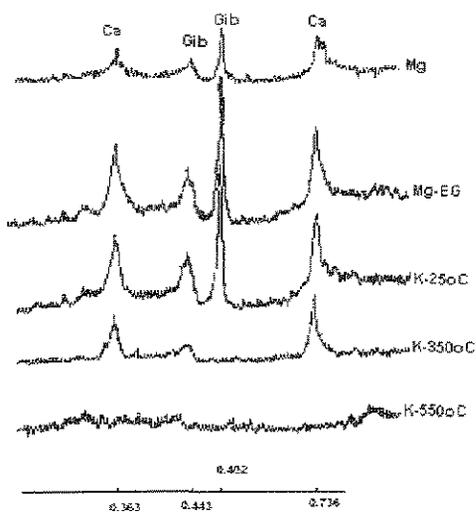
ESPAÇAMENTO INTERPLANAR, d/n

P5 Bi



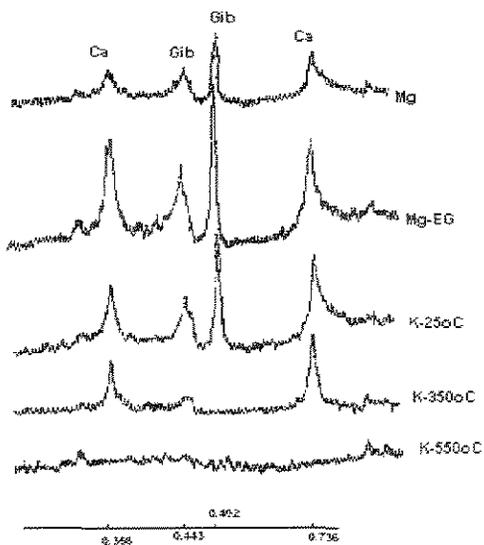
ESPAÇAMENTO INTERPLANAR, d/n

P5 BiC



ESPAÇAMENTO INTERPLANAR, d/n

P5 Cr1



ESPAÇAMENTO INTERPLANAR, d/n

Anexo 2: Estimativa de campo da resistência do material rochoso segundo SPEIGHT e ISBELL (1979) citados por BUOL (1990).

Resistência	Faca	Ponta do martelo	Martelo
1-Muito fraca (1-25 MPa)	corte profundo	pedaços	achatado ou pulveriza
2-Fraca (25-50 MPa)	raso, arranha	incisão profunda	desmancha em muitos fragmentos pequenos
3-Moderadamente resistente (50-100 MPa)	nada, marca fracamente	incisão rasa	quebra em poucos fragmentos grandes e alguns pequenos
4-Resistente (100-200 MPa)	nada	nada	quebra em 1 ou 2 fragmentos grandes
5-Muito resistente	nada	nada	nada

Anexo 3: Classes de intemperismo de rochas segundo CLAYTON et al. (1979) citada por BUOL (1990).

Classe 1. Rocha sã. Tilinta (som metálico) com pancada de martelo; não pode ser escavada com a ponta do martelo; junções são as únicas feições visíveis e são angulares; biotitas são pretas e compactas e não soltam pigmentos; feldspatos de aparência brilhante.

Classe 2. Rocha muito fracamente alterada. Similar à anterior, exceto pela biotita que solta pigmento e que sob lente de mão parece estar “expandida” e pelo feldspato que apresenta alguma opacidade.

Classe 3. Rocha fracamente alterada. Som surdo com pancada de martelo; pode ser quebrada em blocos com moderada dificuldade com martelo; feldspatos são opacos e leitosos; não há penetração de raízes; juntas são distintas e subangulares.

Classe 4. Rocha moderadamente alterada. Rocha não pode ser quebrada com a mão; não há som metálico; feldspatos são opacos e leitosos; biotitas tem usualmente brilho amarelo-ouro; juntas indistintas e arredondadas/subangular.

Classe 5. Rocha moderadamente bem alterada. Quebra com as mãos em fragmentos pequenos com moderado esforço; usualmente lascam; a penetração de raízes se restringe às juntas as quais são arredondadas e fracamente visíveis; feldspatos são pulvulentos; biotitas apresentam brilho ouro pálido.

Classe 6. Rocha alterada. Pode ser quebrada na mão em partículas pequenas (tamanho de areia); esta tão alterada que é difícil determinar se a rocha esta lascada ou não; raízes podem penetrar.

Classe 7. Rocha muito bem alterada. Feldspatos estão alterados em argila; “rocha” é plástica quando úmida; não há resistência ao enraizamento.

FOTOS

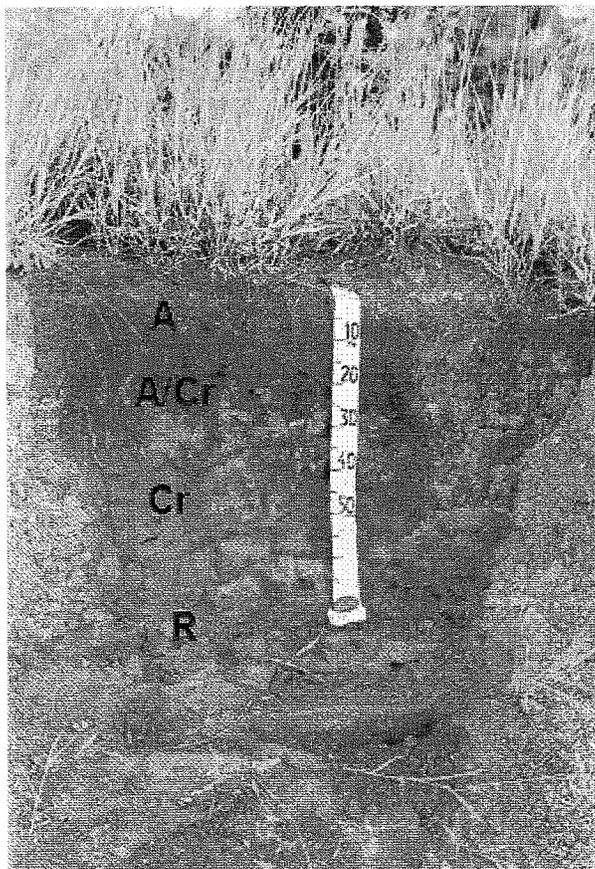


Foto 1 : Perfil 1

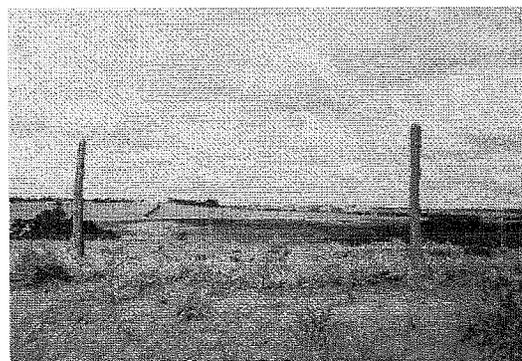


Foto 2 : Paisagem sobre o Perfil 1 e relevo regional



Foto 3 : Detalhe do fraturamento existente no perfil não avivado

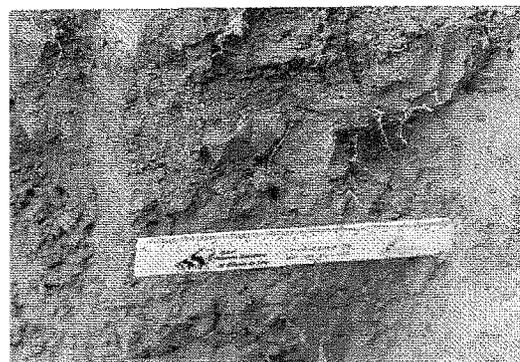


Foto 4 : Detalhamento do enraizamento no horizonte Cr do Perfil 1

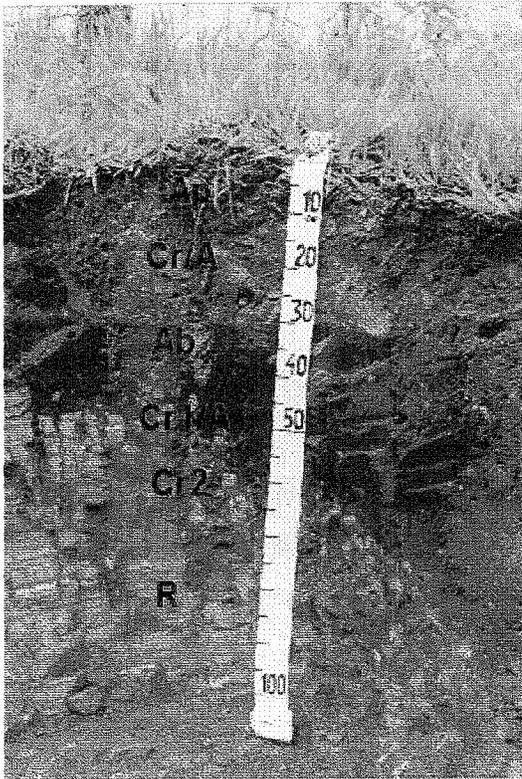


Foto 5 : Perfil 2 demonstrando a presença de material terroso entre as fendas (no horizonte Cr2 e na camada R) indicando fraturamento inferior a 10cm

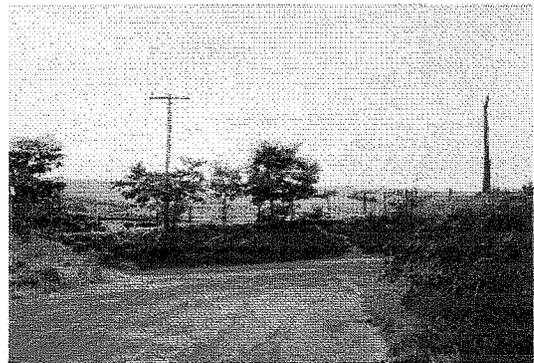


Foto 6 : Relevo regional do perfil 2

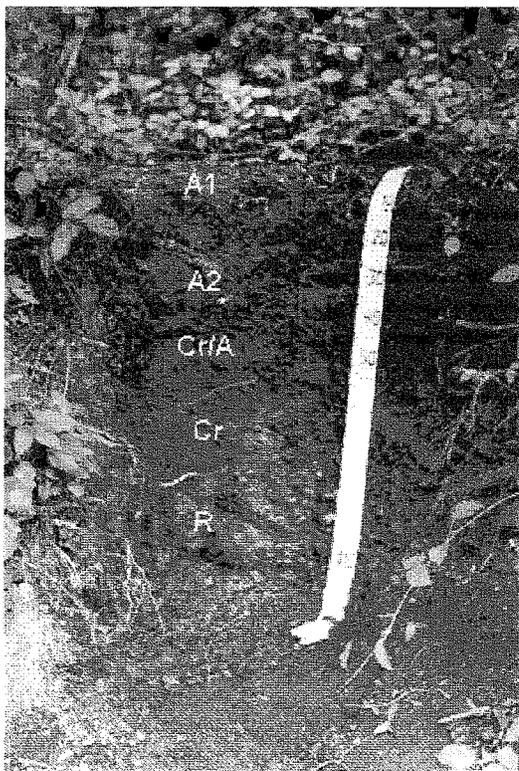


Foto 7 : Perfil 3

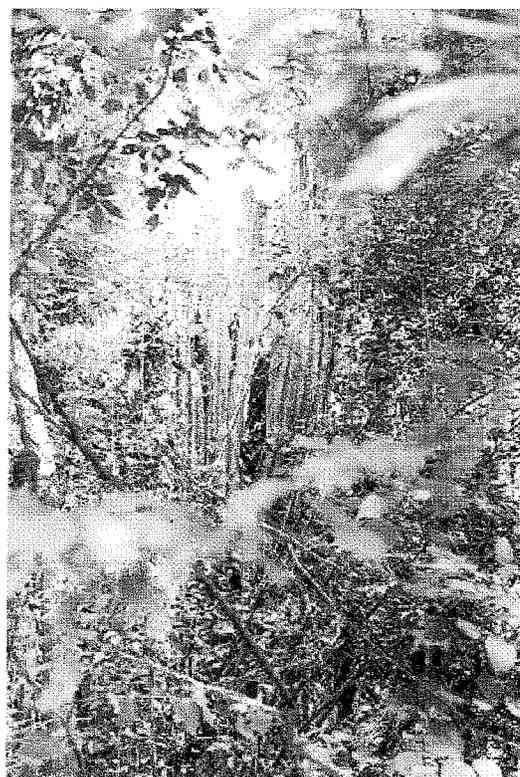


Foto 9 : Detalhe das cactáceas presentes na mata sobre o Perfil 3



Foto 8 : Paisagem sobre o Perfil 3

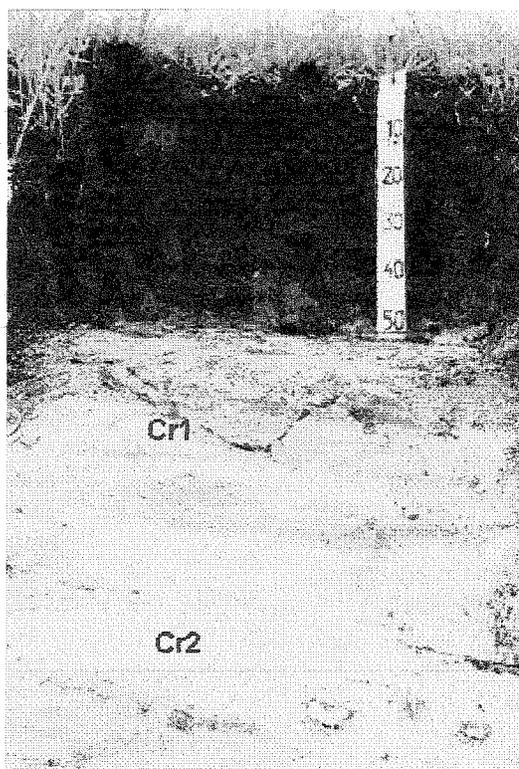


Foto 10 : Perfil 4

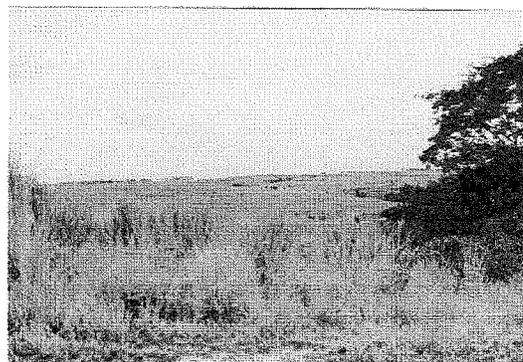


Foto 11 : Relevo regional do Perfil 4



Foto 12 : Paisagem sobre o Perfil 4

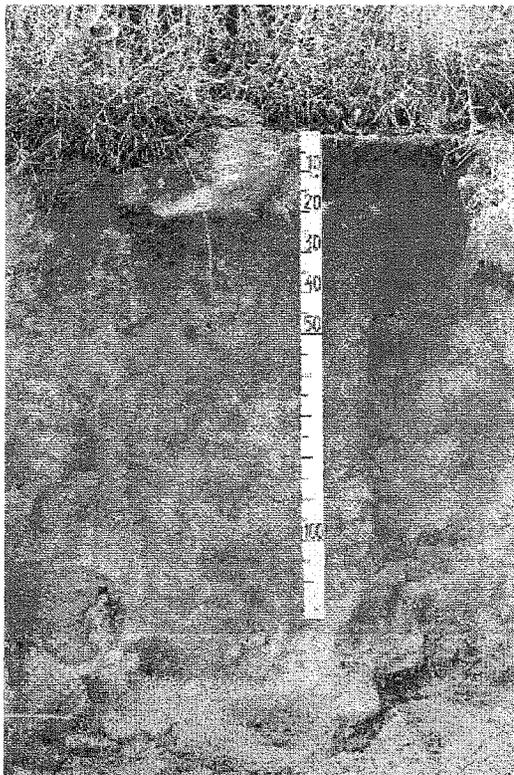


Foto 13 : Perfil 5

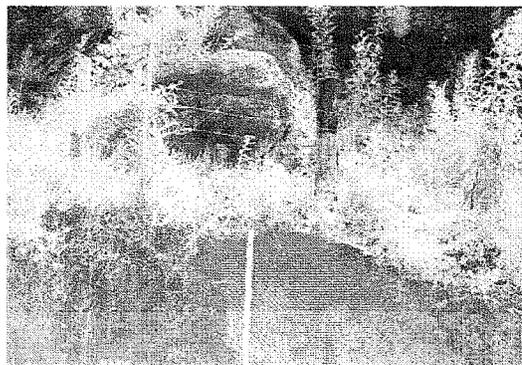


Foto 14 : Detalhe da rochosidade sobre o Perfil 5

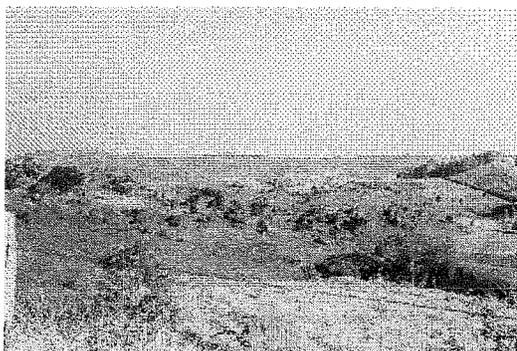
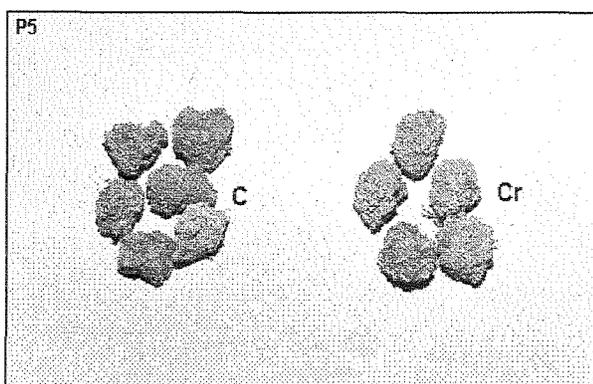
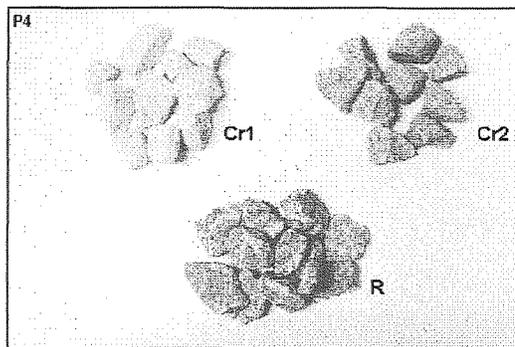
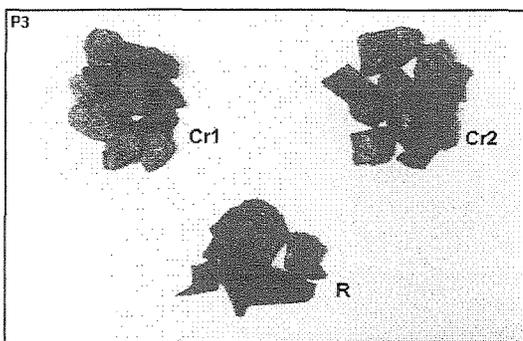
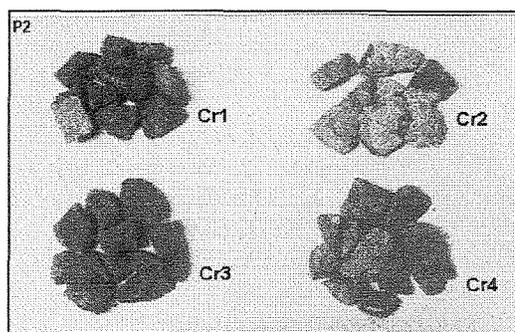
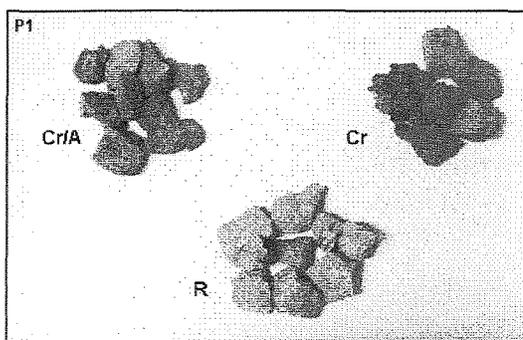


Foto 15 : Relevo regional do Perfil 5



Fotos 16 e 17: Detalhe da aplicação do teste de penetrabilidade com pá.



Fotos 18 a 22: Fragmentos tamanho de cascalho utilizados no teste de dispersão em água.