

# CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS E SEU EMPREGO AGRÍCOLA E NÃO AGRÍCOLA.

*João Bertoldo de Oliveira<sup>1</sup>*

## 1. Apreciações gerais

A história da humanidade mostra que o homem sempre conviveu intimamente com o solo, inicialmente colhendo frutos através de práticas extrativistas, e, com o passar do tempo, como agricultor, pecuarista, silvicultor. Desde épocas remotas ele aprendeu também a usar o solo para cerâmica, para vidraria e como material para construção. Mais recentemente, o solo passou a representar para o homem não apenas um constituinte do meio físico no qual ele pratica a agricultura, a pecuária, o florestamento ou o usa como material para fins artísticos (cerâmica...) ou como material de construção, mas também como substrato para obras de engenharia civil e sanitária, e ainda como áreas de lazer: campos de golfe, "camping", etc.

Ao longo do tempo o homem também percebeu que os solos variavam bastante na paisagem e se comportavam de maneira muito diversa segundo o uso a que se destinavam. Isso levou-o a agrupar os solos em classes semelhantes. Assim, ele empiricamente separava os solos secos dos solos úmidos, os solos pobres (fracos) dos solos ricos (terra gorda), os solos leves (arenosos) dos solos pesados (argilosos e esmectíticos) e para facilitar a transmissão de seu conhecimento, cunhou nomes de classes: Massapê, Salmorão, Sangue de tatu, Terra roxa.....

O entendimento de Dokuchaev nos idos de 1883 de que os solos eram corpos naturais independentes, cada qual com uma morfologia única, resultante da ação combinada do relevo, do material de origem, dos organismos, do clima e do tempo foi um conceito revolucionário e que tornou possível a ciência do solo, e conseqüentemente o surgimento das classificações de solos ditas pedológicas.

O homem (e em especial os pedólogos) percebeu que das mais diversas combinações de efeitos daqueles fatores de formação resultava uma multidão de solos diferenciados na paisagem, com comportamentos particularizados, e que, o entendimento das relações existentes entre eles, requeria que fossem agrupados em classes homogêneas. A necessidade de classificá-los tornou-se evidente.

Qualquer classificação de solos é um espelho que reflete os conhecimentos existentes na época. Assim, desde as classificações de Whitney estabelecida em 1903 até o Soil Taxonomy, versão 1999 (Estados Unidos, 1999), enormes progressos foram feitos na concepção das classes estabelecidas nos Estados Unidos, para citar o país ocidental onde a taxonomia sempre foi objeto de muito interesse. Entre nós também, pode-se ressaltar as significativas diferenças existentes entre o "Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros" de Bennema & Camargo (1964) e o recentemente publicado Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999).

---

<sup>1</sup> Pesquisador voluntário de Instituto Agronômico de Campinas, professor credenciado na FEAGRI/UNICAMP, membro do Comitê Executivo do Sistema Brasileiro de Classificação de solos, bolsista do CNPq.

A classificação dos solos mostrou-se muito útil pois permite entre outros aspectos: a) entender as relações entre os indivíduos, b) relembrar propriedades dos objetos classificados, c) prever o comportamento dos indivíduos, d) identificar o melhor uso do solo em um determinado lugar para um determinado uso, e) estimar a produtividade de um talhão, e) prover temas para pesquisa, f) extrapolar dados de pesquisa ou de observações, g) facilitar a comunicação. Mas, a classificação de solos por si só não tem significado. Ela porém, torna-se extremamente importante quando empregada para identificar a ocorrência de solos na paisagem, como por exemplo, nos mapas pedológicos. Nesses, fica estabelecida a ligação direta entre a legenda (classes de solos) e os delineamentos do mapa. A legenda faz a ponte entre as classes de solos referidas a um determinado sistema de classificação criado subjetivamente pelo homem (solo conceito) e os delineamentos contidos no mapa, cada um deles representando uma área contendo um (ou mais) solo real existente na paisagem (figura 1), sobre o qual o homem atua através da agricultura, pecuária, silvicultura ou através de obras de engenharia civil e sanitária ou mesmo como áreas de lazer, etc (figura 2). Portanto, ao se fazer a leitura dos mapas pedológicos, está-se partindo da classificação (legenda) para se chegar ao solo real contido nos delineamentos. O termo VERTISSOLO CROMADO Sálíco glêico solódico, por exemplo contido em uma legenda, está indicando a presença de solos reais contidos em um delineamento (porção da paisagem) e que apresentam implicitamente um determinado comportamento regido pelas qualidades e limitações inerentes á eles e decorrentes da composição e espessura de cada um de seus horizontes. No caso a simples denominação VERTISSOLO CROMADO Sálíco glêico solódico, implica entre muitos outros aspectos, na presença de solo muito plástico, muito pegajoso, muito coeso, difícil de ser preparado para o plantio, com grande capacidade de expansão e contração, com baixa condutividade hidráulica saturada, provavelmente não muito profundo, com elevada concentração de sais, muito corrosivo, com drenagem interna imperfeita, com elevada saturação em sódio. A semântica contida na denominação do solo já traz, portanto, em si mesma, a indicação de uma série de atributos que se refletem em seu comportamento. Depreende-se então que quanto mais familiarizado com um sistema de classificação estiver um profissional que utiliza os mapas pedológicos, mais facilmente ele poderá entender a relação legenda-delineamentos e conseqüentemente melhor desempenhar sua missão.

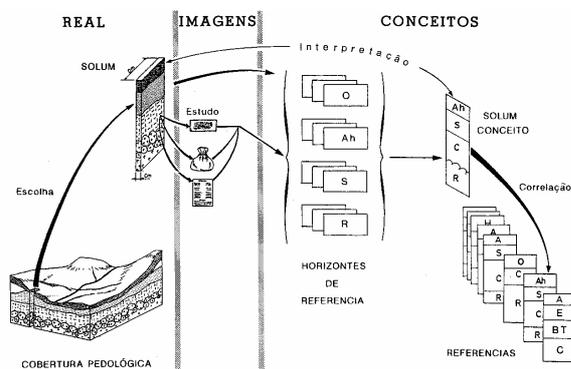


Figura 1. Relação entre o solo real (cobertura pedológica) e o solo conceito (horizontes e atributos de diagnóstico/legenda).

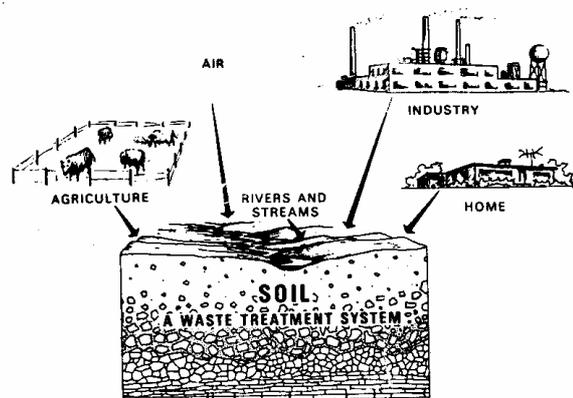


Figura 2. O solo é um corpo real da paisagem o qual o homem utiliza para variados fins: agricultura, pecuária, construções, como agente depurador, etc.

Historicamente, as classificações de solos sempre estiveram intimamente ligadas ao uso agrícola da terra, pois elas foram inicialmente estabelecidas para tais fins. No quadro 1 são apresentados alguns atributos diagnósticos de grande interesse agrícola empregados em sistemas de classificação. .

Quadro 1. Alguns atributos e horizontes de diagnósticos usados em sistemas de classificação de solos e com grande significado agrônômico.

Atributo	Significado
Saturação por bases	Solos ricos (eutróficos) e pobres (distróficos)
Caráter alumínico; caráter álico	Toxicidade $Al^{3+}$
Atividade da fração argila	Poder tampão do solo; preparo do solos para plantio
Caráter ácrico	Baixíssima CTC; preparo do solos para plantio
Contato lítico	Profundidade efetiva
Caráter sódico e solódico	$Na^+$ trocável em excesso
Caráter sálico e salino	Sais em excesso
Caráter carbonático e com carbonato	Indisponibilidade micronutrientes
Materiais sulfídricos e horizonte sulfúrico	$PH < 3,5$
Minerais facilmente intemperizáveis	Disponibilidade "potencial" de nutrientes.
Mudança textural abrupta	Erodibilidade
Duripã	Profundidade efetiva
Características vérticas. Horizonte vértico	Elevada CTC; preparo do solos para plantio
Horizonte glei	Ambiente redutor
Horizonte litoplântico	Profundidade efetiva

Vários dos atributos e horizontes de diagnóstico tradicionalmente empregados em sistemas de classificação tem também interesse não agrícola, daí o reconhecimento cada vez mais generalizado da grande importância que a classificação pedológica, e por extensão, os mapas de solos, tem para outros usos do solo que não apenas o agrícola-silvo-pastoril.

Alguns atributos diagnósticos são particularmente importantes devido o amplo espectro de correlações que apresentam com aspectos agrônômicos e por vezes não agrônômicos também. O caráter ácrico<sup>2</sup>, por exemplo, está associado à: a) alta friabilidade e conseqüentemente à fácil preparo de terreno para plantio, b) baixíssima CTC o que implica em fracionamento de insumos, c) carga líquida negativa muito baixa ou carga líquida positivas o que demanda manejo diferenciado, d) virtual ausência de  $Al^{3+}$ , e) baixos valores de soma de

<sup>2</sup> Caráter ácrico: capacidade efetiva de troca de cátions  $< 1,5$  cmol<sub>c</sub>/ 100 gr argila e  $\Delta$  pH positivo ou nulo

bases, f) suprimento satisfatório de micronutrientes, especialmente nos solos derivados de rochas básicas, g) elevada retenção de P, h) excelente permeabilidade interna, i) ótimo material para piso de estrada.

Existem inúmeras classificações de solos já estabelecidas, sendo a mais difundida a conhecida como Soil Taxonomy (Estados Unidos 1975, 1999). Desde 1999 contamos no Brasil com sistema taxonômico próprio para classificar nossos solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). As classes de solos mencionadas neste texto serão às deste sistema.

## **2. A classificação de solos e seu emprego agrícola e não agrícola**

Como já assinalado, a classificação de solos de per si não tem significado prático, contudo, nos mapas de solos, se reveste de grande importância posto que faz a ligação entre a legenda (semântica) e o corpo real existente na paisagem (tema) expresso pelos delineamentos contidos nos mapas. Assim, um profissional ao fazer uso de um mapa de solos, está visualizando uma distribuição de volumes reais que ocupam uma certa área na paisagem, cada um deles apresentando organização, constituição e comportamento diferenciados, demandando portanto, usos e manejos particularizados.

O profissional usa portanto os mapas de solos porque esses lhe dão uma visualização da distribuição dos solos na paisagem, e, em conjunto com outros elementos que possam se fazer necessários, lhe municia de dados imprescindíveis para estabelecer a planificação de seu trabalho e de uso do solo na referida área. Cada vez mais, nesta planificação de uso do solo, se faz presente a concepção de uso sustentável, de preservação do meio ambiente, para o que, o solo deve ser encarado na totalidade de seu volume e não apenas considerado a sua camada arável. Atributos presentes em horizontes ou camadas subsuperficiais podem lhes conferir comportamento completamente distinto daquele apresentado pelo horizonte superficial, resultando portanto em comportamento do solo como um todo totalmente diferente daquele que poderia ser imaginado levando-se em conta apenas o apresentado pelo horizonte superficial. Isto é particularmente importante na interpretação de solos para fins de engenharia sanitária e ambiental.

Vejamos agora alguns exemplos de como a classificação de solos (mapa pedológico) pode auxiliar o profissional. Entende-se que tais informações interessam à usuários desde o nível de propriedade agrícola, como a nível municipal (planos diretores), regional, estadual e nacional (macro-planejamentos). É claro que a precisão e exatidão das informações nele contidas estão diretamente relacionadas com sua escala, o que obviamente deve ser levado em conta quando de sua interpretação. Neste texto estaremos nos abstraindo desse fato, deixando claro contudo que quando necessário, informações mais detalhadas (ou localizadas) devem ser obtidas.

1) A classificação de solos dá idéia da profundidade de ocorrência de atributos e de horizontes de diagnóstico orientando portanto o profissional sobre a intensidade da limitação e sobre prática(s) agrícolas ou ações de engenharia a serem usadas. Os três exemplos a seguir ilustram tal fato.

**1.1.** Seja por exemplo uma área na qual ocorrem os seguintes subgrupos: ARGISSOLO...planossólico textura arenosa/média; ARGISSOLO...arênico e ARGISSOLO...espessoarênico. Sabemos que todos esses solos apresentam acentuada redução da condutividade hidráulica no topo do horizonte Bt a qual tem significativos reflexos no comportamento desses solos, requerendo para cada caso, manejo diferenciado. A classificação dos mesmos contudo, nos informa que o Bt ocorre a menos de 50cm no primeiro caso, entre 50-100cm no segundo e a mais de 100cm no terceiro caso.

**1.2.** O conceito de contato lítico empregado no SiBCS advém dos conceitos de contato lítico e litóide do Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1975) os quais foram estabelecidos com o propósito de diferenciar materiais que podiam ser removidos com uma retroescavadeira (bulldozer) ou com dinamite (SMITH, 1986), dando desta forma suporte ao engenheiro civil, especialmente na fase de pré-projeto. Neste particular, Thornburn (1966) apresenta interessante trabalho assinalando que o mapa pedológico permitiu a redução de 36% no custo de movimento da terra em projeto de construção de estrada realizado em Illinois, EEUU.

O contato lítico, além de estar originalmente relacionado com a engenharia civil tem também grande importância agrônômica e em engenharia sanitária posto que sua presença indica presença de restrições ao aprofundamento do sistema radicular das plantas e limitações a para uso com aterros sanitários, lagoas de decantação, cemitérios, etc.



Figura 3. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS apresentam a rocha sã a menos de 50 cm de profundidade, tendo por isso severas restrições ao uso agrícola e não agrícola.

Consideremos que em uma área ocorram os seguintes solos: NEOSSOLOS LITÓLICOS, CAMBISSOLOS líticos, CAMBISSOLOS lépticos e CAMBISSOLOS típicos situados em condições de relevo semelhantes. Por definição o dois primeiros solos poderão ser englobados em uma mesma classe de uso pois ambos apresentam a restrição principal: presença de rocha sã, a menos de 50 cm de profundidade (figura 3), os solos lépticos apresentam tal restrição entre 50 e 100cm enquanto nos típicos ela se encontrará sempre à uma maior profundidade.

**1.3.** O horizonte glei indica presença de ambiente redutor (lençol freático elevado) durante significativo período do ano, fato que se relaciona diretamente com aspectos agrícolas e não agrícolas. O ambiente redutor é limitante para grande parte das plantas cultivadas e a presença de lençol freático elevado, limita os solos para fins de uso com aterro sanitário, cemitérios, áreas de lazer, etc.

Nas planícies aluviais é comum o compartilhamento em uma mesma área de solos como os GLEISSOLOS HAPLICOS, os



Figura 4. Nos GLEISSOLOS o lençol freático se encontra grande parte do ano a menos de 50cm de profundidade. O ambiente redutor é limitante para a maioria das plantas cultivadas, e a presença do lençol freático elevado, limita esses solos para fins não agrícolas também.

CAMBISSOLOS HÁPLICOS glêicos e os CAMBISSOLOS HÁPLICOS típicos. Os primeiros solos apresentam horizonte glei a menos de 50 cm de profundidade (figura 4), os segundos entre 50 e 100cm e os últimos, caso ocorra esse horizonte, ele estará sempre à maior profundidade. Desta forma pode-se estabelecer a seguinte ordem de limitação por excesso de água: GLEISSOLO HÁPLICO > CAMBISSOLO HÁPLICO glêico > CAMBISSOLO HÁPLICO típico.

2) **Caráter alumínico.** Segundo Segalen (1973), desde 1904, pelos trabalhos de Veitch, é conhecida a propriedade do alumínio de se fixar sob forma iônica no complexo absorvente dos ácidos e a possibilidade de extraí-lo com sais neutros. Seu emprego como critério diagnóstico em classificação de solos contudo, só aconteceu após ficar demonstrado, através de extensa bibliografia, seus efeitos prejudiciais para as plantas e microorganismos, sua capacidade de retrogradar o fósforo dos adubos fosfatados, e de liberar, quando na solução do solo, ions hidrogênio. A maioria das plantas cultivadas apresentam dificuldade de crescimento em solos ácidos, fato que se deve principalmente a presença de alumínio solúvel em níveis tóxicos.

Nas regiões intertropicais quentes e úmidas, onde os processos de lixiviação são intensos e constantes, a presença de solos com teores apreciáveis de alumínio trocável são muito comuns. Silva (1976), avalia que 50% da superfície do Brasil, apresenta solos com níveis de alumínio trocável não aceitáveis para a maioria das plantas cultivadas e Melfi & Pedro (1977) assinalam que mais de 80% dos solos brasileiros são fortemente dessaturados e marcados pela presença de alumínio em seu complexo de troca. Estes fatos ressaltam a importância que tal atributo diagnóstico tem na classificação dos solos brasileiros e na utilização agrícola dos mesmos. Para fins não agrícolas, níveis tóxicos de alumínio no solo não tem aparentemente importância, a não ser, que tal situação, possa dificultar a vegetação de taludes de cortes de estradas e da cobertura final de aterros sanitários.

O caráter alumínico é empregado no SiBCS para identificar solos que apresentam significativo teor de  $Al^{3+}$  associado à baixa saturação por bases.

3) **Caráter salino e sálico.** Nas regiões áridas e semi-áridas como no nordeste



Figura 5. Solo com eflorescência de sais. Os teores elevados de sais desse solo impede o desenvolvimento das plantas e constituem importante agente corrosivo para estruturas metálicas não protegidas.

brasileiro, a precipitação não é suficientemente expressiva para manter uma lavagem efetiva dos sais os quais se acumulam no solo, dando origem à solos ditos salinos. Quantidade significativa de sais no solo interfere no desenvolvimento da maioria das culturas devido o aumento da pressão osmótica da solução do solo inibindo a capacidade fisiológica da planta de absorver água e pela acumulação de quantidades tóxicas de vários íons, notadamente boro, com distúrbios no balanço de íons (Buring, 1970; Hayward & Wadleigh, 1949). (Figura 5).

Do ponto de vista não agrícola, é interessante ressaltar que a presença de eletrólitos no solo tem marcada implicação com sistemas de transmissão de energia elétrica e de telecomunicações. Esses sistemas requerem, por questões operacionais e de segurança, que sejam feitas conexões com a terra (aterramento) ao longo de sua linha. Neste processo é de fundamental importância a resistividade do solo. Solos com maior resistividade (menor condutividade) requerem maior número de pontos de aterramento e/ou maior extensão de eletrodos enterrados em cada ponto, o que acarreta, conseqüentemente, maior custo na implantação da linha de transmissão. Na região nordestina brasileira onde há presença tanto de solos com elevada resistividade (solos sem caráter salino ou sálico) como de solos com baixa resistividade (solos com caráter salino ou sálico) este fato pode ter implicações significativas no projeto e na implantação das linhas de transmissão de energia elétrica e de telecomunicações.

Outro aspecto relacionado à aspectos não agrícolas refere-se aos processos de corrosão em estruturas metálicas enterradas as quais são bastante influenciadas pela presença de sais. Quanto maior a quantidade de sais mais elevada sua condutividade elétrica (menor resistividade) conseqüentemente maior sua capacidade corrosiva. Kendrew (1978) considera como muito corrosivos solos que apresentam condutividade elétrica  $> 2 \text{ dS m}^{-1}$ . No outro extremo estão os solos não corrosivos ( $\text{dS m}^{-1} < 0,1$ ).

A classificação de solos discrimina solos com caráter salino ( $4 > \text{dS m}^{-1} < 7$ ), solos com caráter sálico ( $\text{dS m}^{-1} > 7$ ) e os outros que seriam solos não salinos.

A recuperação de solos salinos requer a lavagem dos sais, o que só é possível se o solo for permeável, se o lençol freático estiver ou possa ser rebaixado por drenagem bem abaixo da zona de enraizamento, e não haja entrada descontrolada de sais (Wild, 1992). Nesse particular

a classificação de solos também fornece indicações importantes que auxiliam no planejamento do uso da terra. Por exemplo, os VERTISSOLOS sálicos, os PLANOSSOLOS sálicos e os LUVISSOLOS vérticos salinos apresentam problemas de drenagem interna, sugerindo maior dificuldade de recuperação do que outros solos salinos. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Sálicos, por sua vez, os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Sódicos salinos, os NEOSSOLOS FLÚVICOS Sálicos são exemplo de solos salinos situados também em planícies aluviais porém, apresentando melhores condições de drenagem do que os acima mencionados, sendo por isso, normalmente considerados como menos limitantes do que aqueles no que tange à salinidade.

A grande maioria dos solos brasileiros com problemas de salinidade estão situados em planícies aluviais imperfeitamente a mal drenadas com lençol freático acima de 120 cm o que os torna inadequados para uso com aterro sanitário e cemitérios.

**4) Caráter sódico e solódico.** Nas regiões semi-áridas é comum também a ocorrência de solos com expressivos teores de  $\text{Na}^+$  no complexo sortivo. A porcentagem de saturação por sódio (PSS) é utilizada no SiBCS para identifica três situações de solos com essa condição: a) os solos com caráter solódico (PSS entre 6 e 15%), b) solos com caráter sódico (PSS > 15%) e solos com horizonte plânico com caráter sódico (antigamente denominado de horizonte nátrico).

Os solos com caráter sódico e, com menor expressão os com caráter solódico, apresentam importantes distúrbios nutricionais pois o sódio interfere no crescimento de plantas devido inibir a absorção do cálcio e magnésio Para a maioria das culturas, o cálcio começa a se tornar indisponível quando a saturação por sódio se aproxima a 50% (Hayward & Wadleigh, 1949).

A recuperação dos solos sódicos e solódicos requer a substituição do sódio por outro cátion, em geral cálcio e a remoção do sódio contido na solução do solo por irrigação. O sucesso do empreendimento depende, portanto, da permeabilidade do solo. Em alguns solos, como os VERTISSOLOS HIDROMÓRFICOS Sódicos a condutividade hidráulica é nula sendo impossível o processo de lavagem; devido a este fato tem sido recomendada que a irrigação de tais solos seja feita de forma a molhar apenas os seus 30-40 cm superficiais. De maneira geral a presença do horizonte plânico com caráter sódico (horizonte nátrico) presente nos PLANOSSOLOS NÁTRICOS constitui sério impedimento á permeabilidade interna, dificultando igualmente o processo de saneamento de tais solos. Este horizonte constitui também impedimento ao aprofundamento do sistema radicular das plantas.

A nomenclatura dos solos constantes das legendas dos mapas pedológicos dá idéia da gravidade da sua limitação. Assim, as limitações decorrentes da presença do  $\text{Na}^+$  são, de maneira geral, maiores em solos com caráter sódico do que nos com caráter solódico. De maneira geral o horizonte B nátrico (PLANOSSOLOS NÁTRICOS) apresenta-se extremamente duro quando seco (Figura 6), ou muito firme quando úmido, dificultando a penetração das raízes, e a escavação, o que pode ser uma limitação importante para usá-los como cemitério, ou na passagem de fiação subterrânea, em localidades onde não exista máquinas que possam escavá-los.

---

\* Informação verbal do professor Mateus Rosas Ribeiro

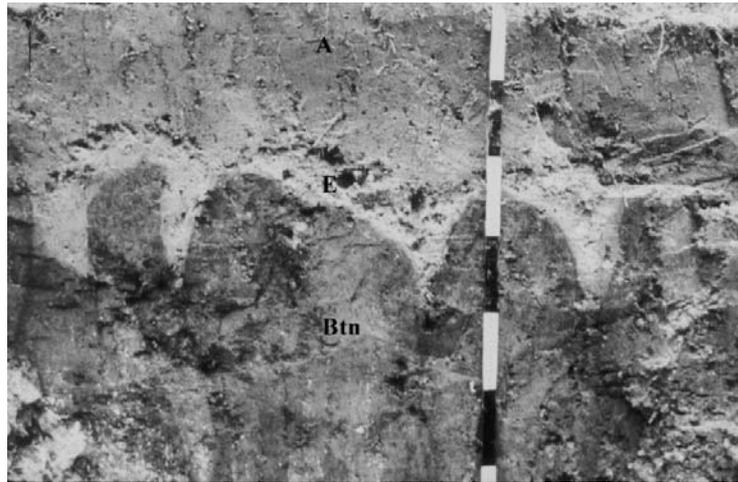


Figura 6. O horizonte B dos PLANOSSOLOS NÁTRICOS (Solonetz-Solodizados) são muito coesos, apresentando-se extremamente duros quando secos, dificultando sua escavação e a penetração das raízes.

5) **Material sulfídrico e horizonte sulfúrico.** Os materiais sulfídricos são componentes de solos orgânicos ou minerais formados em sedimentos marinhos recentes, em ambiente redutor, geralmente associados à áreas com influência de marés. Tais materiais quando drenados sofrem violenta oxidação e seus compostos de enxofre formam ácido sulfúrico provocando drástico abaixamento do pH do solo o qual pode chegar então, a valores inferiores a 3,5 indicando a presença de horizonte sulfúrico.

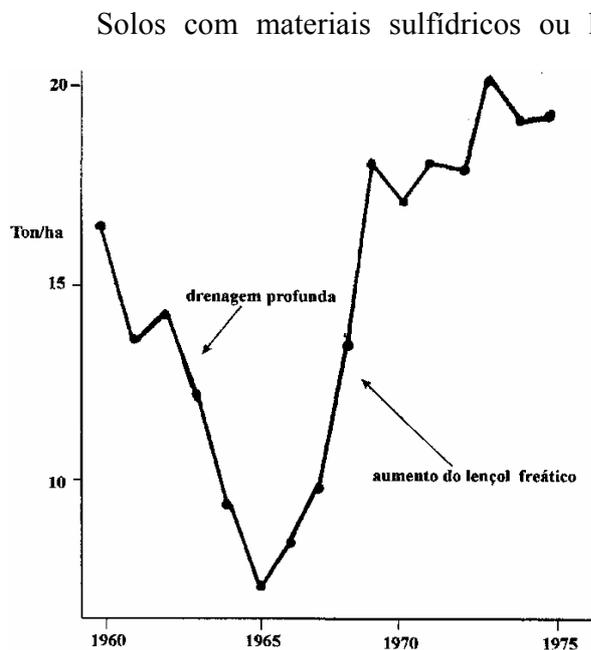


Figura 7. Solos com horizonte sulfúrico limitam drasticamente o desenvolvimento das plantas. Após a drenagem para rebaixamento de lençol freático houve queda acentuada da produção de dendê.

Devido a presença de lençol freático elevado e por estarem sujeitos á inundações freqüentes, solos com materiais sulfídricos, requerem em geral a construção de diques ("polders"), o que torna bastante oneroso seu saneamento. Por outro lado, a excessiva acidez requer enorme quantidade de calcário para neutralizá-la.

Os solos "tiomórficos" são classificados no SiBCS como GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS ou como GLEISSOLOS tiônicos. Como aqueles encabeçam a chave de classificação dos GLEISSOLOS e, por definição, devem apresentar materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico dentro de 100cm a partir da superfície, todos os GLEISSOLOS tiônicos apresentam por exclusão tais atributos abaixo de 100cm de profundidade, sendo portanto, neste particular, pelo menos para fins agrícolas, menos limitantes que os GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS.

Tanto os GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS como os GLEISSOLOS tiônicos são contudo, inadequados para uso com aterro sanitário, aplicação de efluentes, áreas para recreação, cemitérios pois são solos situados em planícies aluviais, com lençol freático muito elevado. Devido a presença de compostos de enxofre e a possibilidade de produzirem intensa acidez quando drenados, apresentam sérias limitações quanto à corrosão para metais.

No processo de recuperação de solos tiomórficos há que ser considerado também que a eliminação dos ácidos implica em promover problemas ecológicos nas áreas que receberão tais águas. Outro aspecto a ser considerado é o da necessidade de preservação das áreas de mangue, onde predominam os solos tiomórficos, por serem áreas de enorme importância ecológica.

Outra limitação comum nos solos tiomórficos devido situarem-se em planícies aluviais costeiras é a presença do caráter sálico ou salino o que implica em aumento considerável dos fenômenos de corrosão em estruturas metálicas não protegidas. Uma cuidadosa apreciação da relação custo/benefício torna-se imprescindível no planejamento de uso dos solos tiomórficos.

O SBCS separa os solos com problemas de tiomorfismo em duas " classes" os identificados no segundo nível categórico (subordem) como TIOMÓRFICOS (GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS) os quais apresentam materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico a menos de 100 cm de profundidade e os solos identificados no quarto nível (subgrupo) como tiônicos, nos quais eles se apresentam abaixo daquela profundidade e quais são portanto menos limitantes que os primeiros.

A presença de lençol freático pouco profundo, a conseqüente pequena zona de aeração e a possibilidade de inundações, qualificam os solos com horizonte sulfúrico como impróprios para aterros sanitários, para área de recepção de efluentes, "camping", etc. Além disso, a elevada acidez e a salinidade de tais solos podem causar sérios problemas de corrosão para estruturas metálicas e de concreto, aumentando substancialmente o custo de manutenção dessas obras.

5) Mudança textural abrupta. A mudança textural abrupta consiste em um considerável aumento no conteúdo de argila dentro de pequena distância vertical na zona de transição entre

o horizonte A ou E e o horizonte B subjacente (Figura 8). Essa condição determina que uma

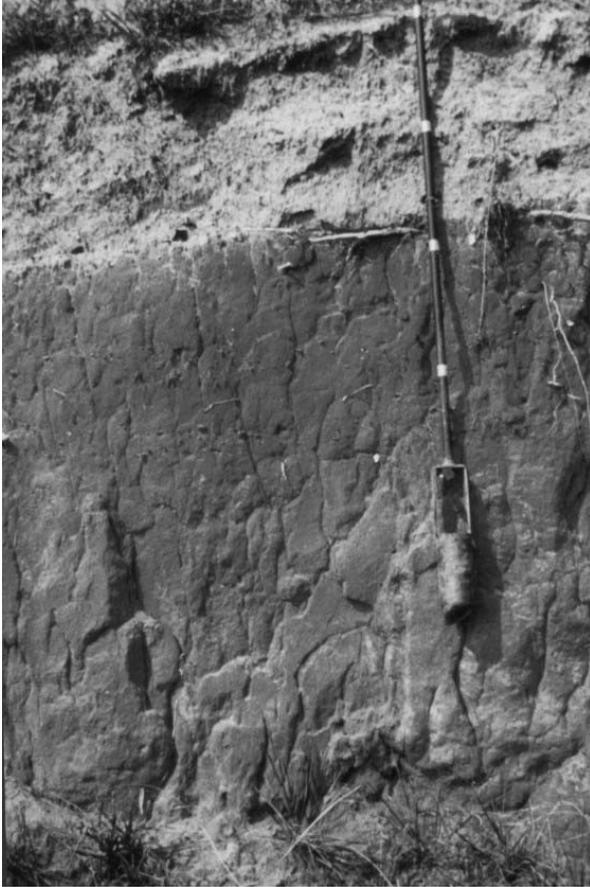


Figura 8. A mudança textural abrupta consiste em um considerável aumento do teor de argila dentro de pequena distância vertical na zona de transição entre o horizonte A ou E e o horizonte Bt.

Essa condição determina que uma série de processos de grande importância agrícola e não agrícola se manifestem. A textura em geral areia, areia franca ou franco arenosa no horizonte A ou E determina uma rápida infiltração e percolação da água da chuva até que o horizonte B seja atingido, quando então, a velocidade do fluxo descendente da água é drasticamente reduzida. Tal fenômeno está intimamente relacionado com a erodibilidade superficial desses solos sendo considerado nas equações de perda de terra e nos cálculos de espaçamento de terraços. Além disso, ocorrem também dois outros processos: a perda de coesão entre as partículas de solo e o caminhamento lateral do fluxo de água acima do horizonte B menos permeável, ambos contribuindo para o processo de erosão.

Outro aspecto relacionado com a presença de mudança textural abrupta, é a formação, em alguns solos, durante os períodos muito chuvosos, de uma zona saturada de umidade entre o topo do horizonte B e a base do horizonte suprajacente. Quando esta zona permanece nesta condição durante período significativo do ano cria-se um ambiente redutor (pseudo-

glei, lençol d'água suspenso) com aparecimento de cores acinzentadas e/ou mosqueados. Dependendo da profundidade em que tal ambiente ocorre, da sua permanência e da resistência das plantas ao excesso de umidade, isso pode representar importante limitação ao desenvolvimento das mesmas, inclusive criando condições favoráveis ao aparecimento de doenças bacterianas. Em períodos de veranico porém, solos com mudança textural abrupta podem levar vantagem sobre outros que não a possuem, posto que eles em geral apresentam maior reserva de água na zona de enraizamento.

A mudança textural abrupta é também atributo importante para estimar a capacidade de "carga" que um solo pode receber a qual depende do comportamento específico de cada seção do mesmo. De qualquer modo, é o horizonte de menor condutividade hidráulica que determina a permeabilidade interna do solo, a qual, tem importante papel em engenharia ambiental.

Para solos com mudança textural abrupta e horizonte A e E de textura arenosa, o SiBCS informa, no quarto nível categórico (subgrupo), a qual profundidade se inicia o horizonte B: nos abrupticos a menos de 50 cm, nos arênicos entre 50 e 100cm e nos espessoarênicos a mais de 100cm, discriminando assim, solos que apesar de apresentarem

seqüência de horizontes semelhantes, apresentam comportamento hídrico bastante diferenciados.

6) **Saturação por bases.** A saturação por bases é um dos atributos mais utilizados em todas as classificações de solos pois ao informar sobre o quanto do complexo de troca está saturado por bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) permite inferir sobre a fertilidade dos mesmos. Quanto maior o valor desta saturação, maior o conteúdo de bases no solo. A indicação de solos com alta saturação por bases (eutróficos) ou baixa saturação por bases (distróficos) nos mapas de solos auxilia portanto, o usuário, na planificação do uso da terra.

Valores elevados de saturação por bases contudo, podem não representar solos ricos quimicamente, pois apesar do valor relativo da saturação por bases ser elevado, tais solos podem conter baixíssimas quantidades em bases trocáveis e portanto, deficiência em algum nutriente, como por exemplo alguns LATOSSOLOS Ácricos. O teor em bases trocáveis desses solos é muito baixo por isso, eles se esgotam rapidamente apresentando após a primeira ou poucas colheitas, decréscimo acentuado de produção, quando não fertilizados. Em contrapartida, solos com elevados valores de saturação por bases e de capacidade de troca de cátions, como por exemplo os das classes dos LUVISSOLOS, CHERNOSSOLOS, VERTISSOLOS, CAMBISSOLOS Ta Eutróficos e GLEISSOLOS Ta Eutróficos, entre outros, apresentam reserva de nutrientes muito maior do que àqueles e conseqüentemente requerem um período de tempo consideravelmente maior para se esgotarem. Por isso, na interpretação da potencialidade dos solos é importante considerar a saturação por bases em conjugação com os valores absolutos de soma de bases ou da capacidade de troca de cátions.

Do ponto de vista não agrícola a saturação por bases "per si" aparentemente não tem grande significado. Solos com saturação por bases alta contudo, apresentam teoricamente maior facilidade de vegetação dos taludes do que aqueles com saturação por bases baixa, em geral pouco desprovidos de nutrientes e/ou com níveis tóxicos de alumínio.

7) **Saprólito.** O termo saprólito refere-se a material resultante do intemperismo mais ou menos intenso da rocha e que ainda mantém a textura (no sentido petrológico) e estrutura original da rocha., podendo apresentar qualquer dureza compatível com esta condição de rocha semi-alterada e conseqüentemente variados graus de limitação ao livre desenvolvimento do sistema radicular (Figura 9).

Nos levantamentos de solos e trabalhos de pedologia em geral pouca atenção tem sido dada ao saprólito o qual pode chegar a representar a maior parte do volume do solo. Nas descrições de perfis de solos contidas nos boletins de levantamentos pedológicos, poucas informações são dadas à esta secção. As descrições geralmente, muito pobres, se restringem a mencionar que a secção, as vezes impropriamente identificada pelo símbolo R, é representada por rocha semi-alterada.

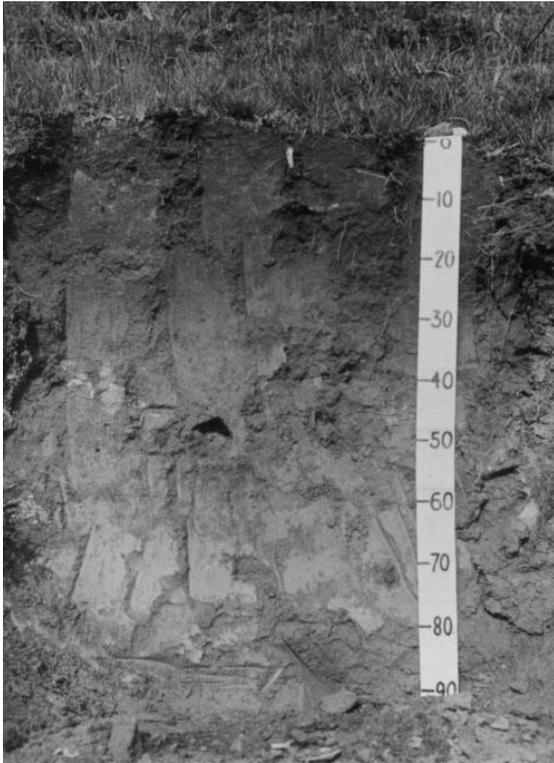


Figura 9. O termo saprólito refere-se a material resultante do intemperismo mais ou menos intenso da rocha e que mantém ainda a textura (no sentido petrológico) e estrutura original da rocha.

A importância da caracterização minuciosa do volume solo na sua integralidade, desde a superfície até a rocha sã, é atualmente inconteste. O solo anteriormente visualizado mais como substrato para suporte e nutrição para as plantas tinha no espaço ocupado pela rizosfera o foco de atenção. Atualmente, a caracterização do solo tem sua demanda ampliada muito além daquela até então requerida pela agronomia, como por exemplo na engenharia ambiental a qual requer uma caracterização do saprólito muito mais completa do que a apresentada até então nos mapas pedológicos.

Um dos atributos mais importantes dos saprólitos diz respeito à sua consistência e portanto, à sua atuação na rizosfera. Saprólitos com valores de MPa elevados, e consequentemente com densidade alta, podem apresentar severas limitações ao enraizamento do sistema radicular das plantas. O conhecimento da profundidade onde ocorre tal camada é portanto de capital importância no planejamento agrícola e especialmente no florestal.

O saprólito é constituído por material relativamente pouco ou moderadamente intemperizado e, a princípio, deve apresentar teores mais elevados de minerais primários alteráveis do que os horizontes suprajacentes, constituindo importante reserva de nutrientes, especialmente  $K^+$  para a nutrição das plantas, especialmente as essências florestais.

O saprólito tem também, grande importância para a geotecnia. Ele pode atingir grandes espessuras, chegando com frequência, nas regiões tropicais quentes e úmidas, a dezenas de metros acrescentando significativamente, a zona de aeração do regolito. Assim, na interpretação dos mapas pedológicos para fins de aterro sanitário ou como local para deposição de resíduos industriais ou urbanos, é importante considerar a espessura, constituição e comportamento do saprólito, especialmente no que se refere à sua capacidade adsortiva e à sua condutividade hidráulica ambas importantes na estimativa do efeito da dispersão e avanço de contaminantes

A degradação progressiva dos solos resultante especialmente de atividades antrópicas desordenadas e os conseqüentes desequilíbrios dos ecossistemas tem recebido cada vez mais a atenção do homem. Entre vários outros enfoques destacam-se aqueles dados à sensibilidade do solo frente as agressões do meio ambiente e sua capacidade de resiliência (Blum 1999, Kuylenstierna et al, 1995, Macias, 1996) e a importância do conteúdo de minerais alteráveis nesses fenômenos. A presença de saprólitos com elevados conteúdos de minerais facilmente

alteráveis a pouca profundidade tem portanto, destacado papel na engenharia ambiental.

**8) Horizonte Gleii.** O horizonte glei é formado em ambiente palustre, em condições de umidade excessiva por período suficientemente prolongado para que a atividade microbiana possa reduzir significativamente a taxa de oxigênio livre nela dissolvido. Estas condições ambientais são danosas para as plantas não adaptadas, as quais sofrem uma série de processos fisiológicos que inibem ou retardam o seu crescimento. Estas limitações são tanto mais sérias quanto mais superficial se encontrar o horizonte glei. Todos os GLEISSOLOS por apresentarem o horizonte glei a 50 cm ou menos de profundidade apresentam forte limitação por excesso de água. Por outro lado, nos solos glêicos ele encontra-se abaixo desta profundidade. Estes solos apresentam também limitação com respeito ao excesso de água porém ela é menor do que a apresentada pelos Gleissolos e ela será tanto menos limitante quanto mais profundo estiver o horizonte glei.

Os solos com horizonte glei apresentam sérias limitações ao uso como local para receber resíduos industriais ou urbanos e são inadequados para aterros sanitários pois o lençol freático, situado a pouca profundidade (Figura 3), está muito sujeito a contaminação. Além disso, solos com horizonte glei por estarem geralmente situados em planícies aluviais estão sujeitos à inundações e apresentam forte limitação ao tráfego durante os períodos chuvosos.

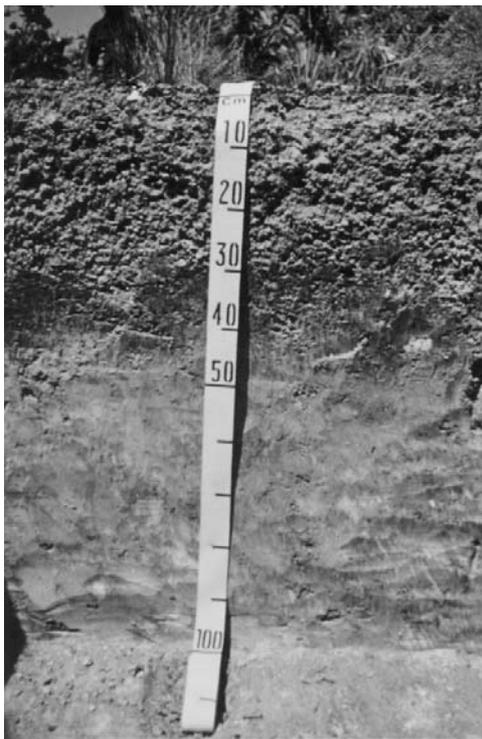


Figura 10. A presença de grande quantidade de cascalho e calhaus no horizonte petroplíntico reduz o volume de terra disponível para as plantas e conseqüentemente a quantidade de nutrientes e água além de imprimirem sério desgaste por abrasão aos implementos agrícolas.

**9) Horizonte Petroplíntico e Litoplíntico.** O horizonte petroplíntico é um horizonte constituído por 50% ou mais de petroplintita (nódulos ou concreções endurecidas) e o horizonte litoplíntico, também conhecido como bancada laterítica, é uma secção consolidada, endurecida, contínua ou quase contínua.

A presença de grandes quantidades de cascalho e calhaus no horizonte petroplíntico reduz proporcionalmente o volume de terra disponível para as plantas e conseqüentemente a quantidade de nutrientes e água para as mesmas além de imprimirem sérios desgastes por abrasão aos implementos agrícolas (Figura 10). O horizonte litoplíntico, por sua vez, constitui impedimento ao aprofundamento do sistema radicular e dificulta enormemente a escavação do terreno (Figura 11).

Solos com horizontes petroplíntico ou litoplíntico são em geral pouco adequados para aterros

sanitários, cemitérios, aplicação de efluentes quer por apresentarem lençol freático relativamente pouco profundo ou pela presença de bancada contínua extremamente dura ou pela significativa quantidade de nódulos e concreções endurecidos.



Figura 11. O horizonte litoplântico (bancada laterítica) é uma secção consolidada, contínua ou quase contínua, constituindo impedimento ao aprofundamento do sistema radicular e à escavação do terreno.

**10. Horizonte vértico.** Este horizonte está diretamente relacionadas à presença de minerais de argilas expansivas (esmetitas) e de teores significativos da fração argila, em geral, superiores a 30%. Nestas condições o solo apresenta uma série de implicações para o uso agrícola e não agrícola dos mesmos. Este horizonte é diagnóstico dos VERTISSOLOS.

As esmetitas (montmorilonita) tem enorme capacidade de se contrair quando secas e de se expandir quando úmidas formando fendas largas e profundas. Além disso estas argila imprimem elevada coesão e adesão a estes solos. Estes fatores em conjunto determinam um comportamento agrícola e não agrícola bastante particular aos Vertissolos. As fendas determinam elevada condutividade hidráulica inicial e extremamente baixa condutividade hidráulica saturada. Unger (1982) encontrou valores de 96 e 2  $\text{mm h}^{-1}$  respectivamente, para a condutividade hidráulica inicial e final em Vertissolos. Outro ponto a considerar no manejo desses solos é a estreita faixa existente entre os extremos de umidade ótima para preparar o solo para plantio. Esta limitação, inexpressiva para os agricultores que dispõem de motomecanização, pode se tornar um fator limitante para aqueles que dispõem apenas de tração animal e tem área uma grande área para cultivar. A textura argilosa aliada à mineralogia esmetítica determina expressiva coesão nos agregados dos Vertissolos de forma que o seu preparo para plantio requer, de um lado, considerável força de tração e por outro, necessidade de fragmentar os grandes torrões que se formam com a aração. Quando molhados são muito plásticos e muito pegajosos, sendo por esses motivos popularmente denominados de solos pesados. Alguns Vertissolos contudo, apresentam expressiva auto granulação da camada superficial, representada por forte estrutura granular.

Do ponto de vista não agrícola os VERTISSOLOS apresentam também comportamento bastante particular. A acentuada plasticidade e pegajosidade dos Vertissolos e de grande parte dos solos vérticos, é fator limitante no que concerne a trafegabilidade, e os fenômenos de contração e expansão, são importantes na manutenção do leito das estradas (Figura 12a). Os Vertissolos, e grande parte dos solos com caráter vértico, apresentam zona

de aeração relativamente pouco espessa; a rocha em geral encontra-se a pouco mais de 100-150cm de profundidade, o que limita acentuadamente ou desqualifica tais solos para aterro sanitário. Também são solos com sérias limitações para cemitérios, áreas de "camping", campo de golfe, para deposição de efluentes e lagoas de decantação, neste último caso especialmente devido a possibilidade de rachaduras nos diques. Apesar de os Vertissolos apresentarem elevada capacidade de suporte, devido a sua densidade, o intenso fendilhamento e o acentuado movimento de expansão e contração, comprometem a estabilidade de construções. (Figura 12b).



(a)



(b)

Figuras 12a - 12b. Os fenômenos de expansão e contração são acentuados nos VERTISSOLOS comprometendo a estabilidade dos leitos de estradas, calçadas e construções.

-----

Além dos atributos e horizontes de diagnósticos enfocados acima, há uma série de outros igualmente importantes pelas suas manifestações no comportamento agrícola e não agrícola dos solos nos quais estão presentes, e que não foram aqui assinalados pela falta de espaço : caráter ácrico, grau de decomposição do material orgânico, minerais facilmente alteráveis, horizonte plíntico, fragipã, etc., todos eles presentes em uma ou mais classes de solos estabelecidas pelo SiBCS. É importante assinalar que até o presente este sistema está estruturado até o quarto nível categórico (subgrupo) e que na execução de mapas pedológicos relativamente detalhados, novos atributos diagnósticos são incorporados, tornando a legenda dos mapas mais precisa e por extensão, representando delineamentos mais homogêneos. Assim, além daqueles atributos incorporados até o nível categórico de subordem, o usuário de mapas pedológicos detalhados encontrarão na legenda dos mesmos outras informações adicionais, muitas das quais são igualmente de grande importância agrícola e não agrícola por influenciarem decididamente no comportamento dos solos.

## **Bibliografia.**

- BLUM, W. E.H. Soil resilience-The capacity of soil to react on stress. 14o. Congresso Latino Americano de la Ciencia del Suelo. Chile. 1999. Conferencia Plenária. CDrom.
- BURING, P. Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions. PUDOC. Wageningen, 1970. 99p.
- CHIN, P.Y. Management of sulfaquents and sulfaquepts. Soil Taxonomy News, Cornell University, NY. 4:12-13, 1982.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Washington, D.C. 1975. 330p.
- ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Services. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Washington, D.C. 1999. Second Edition. 1999. 869p. (Agricultural Handbook, Number 436).
- HAYWARD, H.E. & WADLEIGH. Plant growth on saline and alkali soils. Advances in Agronomy, vol, 1-35. 1949.
- KENDREW, T.J. Design system to reduce corrosion. Eletrical World. 1978. 57-58.
- KUYLESTIERMA, J.C.I., CMBRIDGE, H., CINDERBY, S. & CHADWICK, M.J. Terrestrial ecosystem sensitivity to acid deposition in developing countries. Water, Air and Soil Pollutin 86: 2.319-2.324, 1995.
- MACIAS, F. Mecanismos de amortiguación de ácidos: aplicación a la determinación de las cargas críticas de acidez de suelos. In: XXIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia, SP. 1996. Comissão 2. 25p. CDrom.
- MELFI, J.A. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Revista Brasileira de Geociências. 1977 (v. 7): 271-285.
- SEGALEN, P. L'aluminium dans les sols. ORSTOM. Initiations-Documentations Techniques No. 22. . Paris, 1973. 281p.
- SILVA, A.D. Melhoramento genético para resistência á toxicidade de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidades e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisa. Ciencia e Cultura. São Paulo, 28(2): 147-149. 1976
- SMITH, G. D. The Guy Smith Interviews: rationale for concepts in Soil taxonomy. SMSS Technical monograph, No. 11, Cornell University, 1986, 257p.
- THORNBURN, T. The use of agricultural soil surveys in the planning and construction of highways. SSSA, 1966.
- UNGER, P.W. 1982 Management of crops on clay soils in the tropics. Trop. Agric.(Trinidad) Vo. 59, No. 2: 110-122
- WILD, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas segun Russell. Madri, 1992. 1.045p. (versão espanhola).