

# SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

## CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, MICROMORFOLÓGICA E FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS COM HORIZONTE B NÍTICO<sup>(1)</sup>

Miguel Cooper<sup>(2)</sup> & Pablo Vidal-Torrado<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de fornecer dados que ajudem na discussão de problemas existentes na classificação dos Nitossolos no Brasil, foram estudadas detalhadamente a estrutura, consistência, porosidade, cerosidade, condutividade hidráulica e retenção de água de solos com horizonte B nítico e solos com ambos, B nítico e B latossólico. O comportamento físico-hídrico dos horizontes dos perfis estudados mostrou a íntima relação existente entre este e a forma e o grau de estrutura, bem como a abundância e intensidade da cerosidade. Os horizontes caracterizados como B nítico apresentaram blocos subangulares de grau forte ou moderado e cerosidade moderada e abundante e moderada e comum. Este conjunto de atributos determinou um comportamento físico-hídrico influenciado por um menor desenvolvimento de poros estruturais (macroporos) e por um maior desenvolvimento de poros texturais (microporos), que favorecem os processos de retenção de água (menor condutividade hidráulica). Por outro lado, foram classificados como B latossólicos os horizontes formados por blocos subangulares de grau moderado ou fraco, com ou sem presença de estrutura microgranular, e nenhuma cerosidade ou cerosidade fraca e comum. Estes horizontes caracterizam-se por apresentar um maior desenvolvimento dos poros estruturais (macroporos), que favorecem os processos de condução de água (maior condutividade hidráulica), e menor desenvolvimento dos poros texturais (microporos), que diminuem a retenção de água no horizonte.

**Termos de indexação:** Nitossolo, B latossólico, cerosidade, estrutura, agregados.

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Recebido para publicação em maio de 2004 e aprovado em junho de 2005.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: mcooper@esalq.usp.br; pablo@esalq.usp.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP. Bolsista do CNPq. E-mail: pablo@esalq.usp.br

**SUMMARY:** *MORPHOLOGICAL, MICROMORPHOLOGICAL AND HYDRO-PHYSICAL CHARACTERIZATION OF SOILS WITH A NITIC B HORIZON*

*The structure, consistence, porosity, clay films, hydraulic conductivity, and water retention of soils with Nitic horizons and soils with both Nitic and Ferralic horizons were studied in-depth with the objective of contributing to the ongoing discussion on problems with the classification of "Nitossolos" (Nitisols) in Brazil. The hydrophysical performance of the studied horizons is intimately related to the soil structure type and grade and to the amount and distinctness of the clay films. Horizons characterized as nitic ("B nítico") presented strong or moderate subangular blocky structures and moderate and abundant to moderate and common clay films. These morphological attributes determined a low development of structural pores (macropores) and, consequently, lower hydraulic conductivity values and a higher development of textural pores (micropores) that favor water retention processes. On the other hand, horizons classified as ferralic ("B latossólico") are formed by a moderate or weak subangular blocky structure, with or without the presence of granular structure, and no or faint common clay s-kins. Horizons with these morphological attributes present highly developed structural pores (macropores) that favor water conducting processes (high hydraulic conductivity) and less developed textural pores (micropores) diminishing water retention characteristics.*

*Index terms: Nitisol, ferralic horizon, clay skin, shiny peds, soil structure, aggregates.*

## INTRODUÇÃO

No território brasileiro, os solos bem drenados, muito intemperizados, com pouco gradiente textural, profundos e de textura argilosa ou muito argilosa, poderiam ser classificados até 1999 como solos com B latossólico ou solos com B textural (Camargo et al., 1987). Na verdade, um tipo especial de B textural era admitido na classificação então vigente para esses solos argilosos: desde que houvesse cerosidade e agregação em blocos no horizonte B, a relação textural ( $RT = \% \text{ argila no B} / \% \text{ argila no A}$ ) poderia estar abaixo do exigido para os demais solos com B textural. Partia-se da premissa de que esses solos teriam um comportamento físico-hídrico diferente dos Latossolos argilosos. Terras Roxas e Brunas Estruturadas diferenciavam-se então dos Latossolos Roxos e Brunos, respectivamente, por terem esse horizonte B textural definido por agregação e cerosidade. Com a publicação do Sistema Brasileiro de Classificação (SiBCS) pela Embrapa (1999), o B textural ficou restrito aos solos com RT significativa. Baseado no conceito de nitic properties e da classe dos Nitisols do World Reference Base (FAO, 1998), criou-se o horizonte B nítico para substituir o antigo B textural das terras roxas estruturadas e outros solos afins, os quais passaram a ser incluídos na ordem Nitossolo.

Os Nitossolos são, portanto, solos profundos, homogêneos, bem drenados, constituídos por material mineral, com horizonte B nítico. Este horizonte apresenta argila de atividade baixa, textura argilosa a muito argilosa, estrutura em

blocos angulares ou subangulares ou prismática moderada ou forte que, às vezes, apresentam superfícies brilhantes que podem ser interpretadas como cerosidade ou superfícies de compressão (Embrapa, 1999; FAO, 2001).

Segundo a FAO (2001), existem no mundo aproximadamente 200 milhões de hectares de Nitisols. Deste total, mais de 50 % são encontrados na África tropical e o restante distribuído entre as zonas tropicais da Ásia, América do Sul e Central, e Austrália.

Quanto às propriedades micromorfológicas dos Nitisols, Creutzberg & Sombroek (1987) definiram uma combinação de feições micromorfológicas características do horizonte nítico, a saber: (a) a microestrutura, altamente afetada pela atividade biológica, é predominantemente em blocos e microgranular com graus de pedalidade que variam de fraca até forte de acordo com o seu grau de coalescência; (b) a matriz do solo apresenta uma baixa birrefringência e, conseqüentemente, fábricas birrefringentes fracamente desenvolvidas, cores que variam de vermelho a vermelho-amarelo, pouco material grosseiro e dominado pelo quartzo de tamanho médio a muito fino; (c) ferri-argilãs sempre presentes e bem desenvolvidos, a sua quantidade pode variar de poucos a abundantes; e (d) ferri-argilãs muito finos, chamados de "lepto-coatings", são comuns e abundantes neste horizonte. Esses autores consideraram esta feição como a mais característica do horizonte nítico. Este conjunto de feições micromorfológicas foi chamado de "Nito-argillic Syndrome" por estes autores.

Três processos estão envolvidos na formação destes solos, segundo a FAO (2001): (a) a ferralitização, responsável por uma intensa hidrólise de minerais primários combinados com a lixiviação de sílica e bases e acúmulo relativo de caulinita e sesquióxidos; (b) nitidização, processo proposto por Sombroek & Siderius (1981), que explica a formação da estrutura em blocos com superfícies brilhantes como resultado da alternância de processos de microcontração e expansão; e (c) a homogeneização pela mesofauna do solo, que ocorre principalmente nos primeiros 100 cm do solo e resulta na formação de estrutura granular ou em blocos subangulares.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente onde o basalto e outras rochas eruptivas associadas à formação Serra Geral são o material de origem dos solos, é freqüente a associação de Latossolos e Nitossolos, com importante ocorrência de solos intermediários entre essas duas ordens. Miklós (1992) e Cooper (1999), estudando Nitossolos Vermelhos eutroféricos latossólicos mostraram que estes solos apresentam transições graduais e, ou, difusas entre estes horizontes e que a formação do horizonte B nítico ocorre não só pela coalescência de microagregados, formando aglomerados densos de microagregados que, posteriormente, fissuram-se, formando os blocos subangulares moderados a fortes, mas também pelo preenchimento da porosidade por revestimentos de iluviação.

Um problema importante para o SiBCS, ressaltado na VI Viagem de Classificação e Correlação de Solos (Embrapa, 2002), é a ocorrência de Latossolos argilosos com desenvolvimento de agregação em blocos ou prismas em grau moderado, principalmente na região Sul do Brasil. Para que esses solos sejam classificados como Nitossolos, basta que o pedólogo reconheça cerosidade moderada comum em parte do B. Naquela ocasião, um solo (Perfil 13) tido como representativo da Unidade Santo Ângelo, caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico a típico, muito comum na região do Planalto Médio e citado nos trabalhos de mapeamento do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil, 1973; Streck et al., 2002), foi classificado como Nitossolo, mudando a classificação no primeiro nível categórico numa votação em que os pedólogos de outras regiões do Brasil decidiram o assunto.

Considerando problemas dessa natureza, no Brasil, verifica-se um debate entre os pedólogos que estudam o SiBCS sobre a redefinição do horizonte B nítico e os critérios taxonômicos para a classificação dos Nitossolos. Controvérsias existem em relação aos atributos morfológicos que definem estes solos. Desta forma, um grupo de pesquisadores indica que o principal para definir os Nitossolos é a estrutura, consistência e cerosidade, devendo tais combinações entre estrutura e cerosidade ser utilizadas; enquanto existe outro grupo que pensa que a distribuição da

argila ao longo do perfil, o teor de argila e a estrutura são importantes. Dificuldades também existem quanto à conceituação e identificação da cerosidade no campo nestes solos (Santos, 2001; Vidal-Torrado, 2001), termos como superfícies níticas têm sido sugeridos para melhor explicar as superfícies brilhantes que ocorrem sobre os agregados no campo.

Uma das tendências deste debate para a nova definição do horizonte nítico consiste em propor o aumento do rigor quanto ao grau de estrutura ou agregação associado à cerosidade da seguinte forma: estrutura em blocos ou prismática de grau forte associada à cerosidade no mínimo moderada e comum; ou estrutura moderada conjugada com cerosidade moderada e abundante, ou forte comum ou ainda forte e abundante. Desta forma, ficariam excluídos do conceito os horizontes com estrutura moderada e cerosidade moderada e comum, que, atualmente, estão enquadrados como B nítico.

A premissa inicial na criação da classe Nitossolo é que estes solos têm comportamento físico-hídrico muito distinto ao dos solos com gradiente textural significativo e dos Latossolos (FAO, 2001), como pode ser evidenciado na comparação entre os trabalhos de Cooper (1999), que faz uma análise do comportamento físico-hídrico de Nitossolos desenvolvidos sobre diabásio, e o de Cunha et al (1999), que caracterizam o funcionamento hidrológico de uma topossequência Latossolo Vermelho-Argissolo Vermelho-Amarelo desenvolvida sobre Arenito Caiuá.

O objetivo deste trabalho foi estudar detalhadamente a estrutura, consistência, porosidade, cerosidade e retenção de água de solos com horizonte B nítico e solos com ambos, B nítico e B latossólico, com o intuito de fornecer dados que ajudem na discussão dos problemas que existem na classificação destes solos no Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se a caracterização morfológica e físico-hídrica de dois pedons com horizontes B nítico com grau variável de agregação em blocos (poliédrica) com diferentes ocorrências e intensidades de cerosidade e de transições deste horizonte para o B latossólico (Bw), incluindo um Bw tipicamente microgranular.

Os pedons estão situados numa topossequência que apresenta uma transição gradual entre um Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico e um Nitossolo Vermelho eutroférico (Cooper, 1999) localizado no Campus "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), município de Piracicaba, estado de São Paulo (22° 44' S e 47° 33' W).

A descrição do solo foi realizada segundo Lemos & Santos (1984). Amostras deformadas foram

coletadas de cada horizonte para análises físicas de rotina. Foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo e da curva de retenção de água de cada horizonte e amostras indeformadas e orientadas em horizontes e nas transições entre horizontes para análises micromorfológicas e submicroscópicas.

Para efetuar as análises granulométricas, utilizou-se, como dispersante, solução que continha hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio (Camargo et al., 1986). As frações argila e silte foram separadas pelo método do densímetro e a fração areia por peneiramento. Para determinar a densidade do solo, foram coletadas amostras em cilindros de 100 cm<sup>3</sup>. Com o volume da amostra preestabelecido, foi determinado o peso da amostra após secagem a 105 °C por 24 h. As curvas de retenção de água no solo foram determinadas em fase de dessorção por meio da determinação da umidade volumétrica e do potencial mátrico. Os potenciais matriciais determinados foram de 0; 0,005; 0,01; 0,03; 0,05; 0,08; 0,1; 0,33 kPa e 0,1; 0,5; 1,5 MPa. Os potenciais de 0,005 a 0,1 kPa foram determinados utilizando uma panela de tensão preenchida com areia de granulometria conhecida e constante. Os potenciais de 0,33 kPa a 1,5 MPa foram determinados utilizando câmaras de Richards, conforme método descrito por Klute (1986).

A condutividade hidráulica foi avaliada *in situ* em condições próximas à saturação utilizando um infiltrômetro multidisco à sucção controlada chamado TRIMS (Triple Rings Infiltrimeters at Multiple Suctions). Uma descrição detalhada do aparelho e do seu modo de funcionamento é dada por Vauclin & Chopart (1992). Quatro potenciais foram aplicados durante as medidas de infiltração: 0; -10; -35 e -100 mm. Utilizou-se um disco com um diâmetro de 80 mm. Um ensaio de infiltração consistiu na aplicação das sucessivas pressões selecionadas num único local. Os cálculos para a determinação da condutividade hidráulica dos horizontes seguiram os princípios apresentados por Ankeny et al. (1991).

Para as análises micromorfológicas, lâminas delgadas (9 x 16 cm) foram feitas a partir de blocos impregnados. As amostras indeformadas e orientadas foram impregnadas com uma resina poliéster não saturada (Crystic SR 17449), diluída com acetona e misturada com um pigmento fluorescente (Uvitex OB) que permite a distinção dos poros, quando iluminados com luz ultravioleta (Murphy, 1986). As descrições micromorfológicas seguiram os critérios propostos por Bullock et al. (1985). Lâminas delgadas menores (3 x 4,5 cm) foram também preparadas para estudos, utilizando o microscópio eletrônico de varredura (MEV, Philips XL20). Estas lâminas foram polidas com uma pasta adiamantada e recobertas com carbono. As observações foram realizadas com o MEV no modo de electrons retroespalhados.

Imagens digitalizadas foram adquiridas a partir das lâminas delgadas grandes (9 x 16 cm), utilizando uma câmera CCD monocromática com uma resolução de 768 x 576 pixels e com uma área por pixel de 100 µm<sup>2</sup>. As imagens foram processadas num sistema SUN Spark IPC, utilizando o programa de análise de imagens Noesis Visilog. A porosidade total (tap) foi calculada como a soma das áreas de todos os poros ou *poróides* (utilizar-se-á este conceito definido por Moran et al., 1988) dividido pela área total do campo, em percentagem. Os poróides foram divididos em três grupos de acordo com sua forma: arredondados (canais e cavidades isoladas), alongados (fissuras) e complexos (empacotamento). Dois índices foram utilizados para determinar a forma dos poróides,

$$I_1 = \frac{P^2}{4\pi A}$$

sendo P o perímetro do poróide e A sua área, e

$$I_2 = \frac{\frac{1}{m} \sum_i (N_i)_i}{\frac{1}{n} \sum_j (D_F)_j}$$

em que  $N_i$  é o número de interceptos de um objeto na direção  $i$  ( $i = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  e  $135^\circ$ ),  $D_F$  é o diâmetro de Feret de um objeto na direção  $j$  ( $j = 0^\circ$  e  $90^\circ$ ),  $m$  é o número de  $i$  direções e  $n$  é o número de  $j$  direções. Este segundo índice é utilizado como complemento ao índice  $I_1$  para obter uma exatidão mais alta na separação entre os grupos de forma. Os critérios para a distinção entre os grupos de forma e os seus tamanhos aparecem nos quadros 1 e 2.

**Quadro 1. Definição das classes de forma dos poróides**

Poróide	Índice de forma	
	$I_1$	$I_2$
Arredondados (Arr)	$I_1 \leq 5$	
Alongados (Alon)	$5 < I_1 \leq 25$	$\leq 2,2$
Complexos (Comp)	$5 < I_1 \leq 25$ ou $> 25$	$> 2,2$ -

**Quadro 2. Definição das classes de tamanho e de forma dos poróides**

Limites das classes de tamanho em mm <sup>2</sup>	Classe de forma		
	Arredondados	Alongados	Complexos
0,001–0,01	Arr <sub>p</sub>	Alon <sub>p</sub>	Comp <sub>p</sub>
0,01–0,1	Arr <sub>m</sub>	Alon <sub>m</sub>	Comp <sub>m</sub>
> 0,1	Arr <sub>g</sub>	Alon <sub>g</sub>	Comp <sub>g</sub>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização macromorfológica

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), os perfis estudados foram classificados como Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico e Nitossolo Vermelho eutroférico típico (Cooper, 1999).

O Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (perfil 1, T1) está localizado no topo plano da topossequência. Este solo apresenta uma seqüência de horizontes A-Bt-Bw (Quadro 3). A passagem entre os horizontes faz-se de forma gradual. Esta passagem gradual entre os horizontes está principalmente ligada às mudanças na forma dos agregados (de blocos subangulares fortes para blocos subangulares fracos e microgranulares) e no grau de estrutura. As cores dominantes neste perfil foram as vermelhas-escuras, havendo variações sutis de cor nos horizontes superficiais em virtude da influência da matéria orgânica. A textura permaneceu constante no perfil todo, apesar de apresentar diferenças no conteúdo de argila, como observado nas análises granulométricas (Quadro 4). No horizonte B nítico, observou-se cerosidade abundante, com um grau de desenvolvimento moderado e recobrimdo toda a superfície dos agregados. A atividade biológica mostrou-se forte em todo o perfil, evidenciada pela presença de galerias e poros tubulares preenchidos com material solto e microgranular. Notou-se a presença de raízes bem desenvolvidas em todo o perfil (até à profundidade de 2,00 m), sendo estas mais abundantes nos horizontes A, BA e Bt1.

O segundo perfil (T2), classificado como um Nitossolo Vermelho eutroférico típico, está localizado no ombro da topossequência. A seqüência de horizontes deste perfil é A-Bt-BC (Quadro 3). Pouca diferenciação foi encontrada entre os horizontes Bt deste perfil. As diferenças encontradas resultaram principalmente de mudanças na cor (entre os horizontes Bt1 e Bt2), no grau de estrutura (entre os horizontes Bt2 e Bt3) e na abundância de cerosidade (entre os horizontes Bt1/Bt2 e Bt3/BC). A textura no perfil todo é argilosa, com um pequeno gradiente textural entre o horizonte superficial e os subsuperficiais. Como no perfil anterior, a atividade biológica era alta, evidenciada pela presença de galerias biológicas e poros tubulares com preenchimentos que, em alguns casos, eram soltos e, em outros, densos.

### Caracterização física

Confirmando as observações de campo, as análises granulométricas mostraram que estes solos são argilosos a muito argilosos (Quadro 4). Nos dois perfis, entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais, percebeu-se um pequeno gradiente textural (relação textural = 1,2), insuficiente para

caracterizar um horizonte B textural. A densidade do solo apresentou valores de 1,47 kg dm<sup>-3</sup>, para os horizontes B níticos, e de 1,2, para o horizonte Bw do perfil 1. Analisando os dados de densidade deste perfil, observou-se a presença de um processo de adensamento vertical entre o horizonte Bw e Bt. No perfil 2, observaram-se valores bem mais elevados de densidade, variando em torno de 1,6 kg dm<sup>-3</sup> nos horizontes Bt.

### Características micromorfológicas e submicroscópicas

O perfil 1 apresenta as seguintes características dominantes para a transição Bt - Bw. Foram descritos os seguintes horizontes: Bt1, Bw1, transição Bw1/Bw2 e Bw2. No quadro 5, é apresentada a descrição completa destes horizontes.

O horizonte Bt1 apresenta-se muito heterogêneo, identificando-se três zonas diferenciadas pela sua porosidade e estrutura. Observou-se a passagem de uma zona densa de trama porfírica, que apresenta agregados poliédricos subangulares e uma porosidade fissural (interagregados) e mamelonar (intra-agregados) dominante, para uma zona microagregada de trama enáulica e uma porosidade dominante de empacotamento. A zona intermediária de trama porfírica aberta apresenta uma microestrutura mista, com agregados poliédricos e aglomerados de microagregados, a porosidade dominante é cavitária policôncava (interagregados) e mamelonar (intra-agregados). Este horizonte apresenta revestimentos de iluviação (feições pedológicas texturais ou cutãs), do tipo ferri-argilãs, abundantes, localizados principalmente na porosidade policôncava e de empacotamento (Figuras 1e e 1f), alguns deles foram modificados pelos movimentos de massa do solo.

As observações realizadas no horizonte Bw1 mostraram duas zonas bem distintas: uma zona densa porfírica e uma zona microagregada enáulica dominante. A zona densa apresentou agregados poliédricos subangulares com uma porosidade cavitária policôncava dominante (intra-agregados) e fissuras entre os agregados. A zona microagregada apresentou microagregados de diversas formas e aglomerados de microagregados (Figuras 1c e 1d) com uma porosidade de empacotamento e microfissuras entre estes. Observou-se também a presença de revestimentos de iluviação (ferri-argilãs).

A transição entre os horizontes Bw1 e Bw2 revelou as mesmas características gerais que o horizonte Bw1. Nesta ocorre um maior grau de desenvolvimento da estrutura microagregada. Não se observou o desenvolvimento de revestimentos de iluviação (ferri-argilãs).

O horizonte Bw2 mostrou-se bastante homogêneo, com uma única zona de trama enáulica, com

**Quadro 3. Caracterização macromorfológica.**

Hor.	Prof.	Cor Munsell Úmida	Textura	Estrutura			Cerosidade	Consistência			Transição
				Forma	Tamanho	Grau		Seca	Úmida	Molhada	
m Perfil 1 – Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico											
Ap	0,00-0,10	2,5YR3/3	Argilosa	Blocos subangulares	Pequenos e médios	Forte	-	Dura	Friável	Pegajoso e ligeiramente plástica	Gradual
BA	0,10-0,30	2,5YR3/6	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Forte	-	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Bt1	0,30-0,70	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares	Médios e grandes	Forte	Moderada e abundante	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Bw1	0,70-0,90	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares que se desfazem em microgranulares	Médios	Moderada	Fraca e comum	Ligeiramente dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Bw2	0,90-2,00+	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares que se desfazem em microgranulares	Médios	Fraca (bloco) e forte (microgranulares)	-	Macia	Muito friável	Ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica	-
Perfil 2 – Nitossolo Vermelho eutroférico típico											
Ap	0,00-0,15	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Forte	-	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Bt1	0,15-0,35	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Forte	Moderada e abundante	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Linha de pedra	0,35-0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bt2	0,50-1,00	2,5YR3/6	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Forte	Moderada e abundante	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
Bt3	1,00-1,50	2,5YR3/6	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Moderada	Moderada e comum	Dura	Friável	Pegajosa e ligeiramente plástica	Gradual
BC	1,50-1,70+	5YR4/6	Argilosa	Blocos subangulares	Médios	Moderado	Moderada e comum	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica	-

pequenas zonas muito localizadas mais densas. A microestrutura é microagregada, observando-se também aglomerados de microagregados e poucos agregados poliédricos subangulares (Figuras 1a e 1b). A porosidade dominante é de empacotamento ou empilhamento, secundariamente, notou-se a presença de canais e cavidades biológicos e uma porosidade cavitária policôncava dentro dos aglomerados de microagregados.

No perfil 2 (Quadro 5), percebe-se o desaparecimento do horizonte Bw e o material de origem

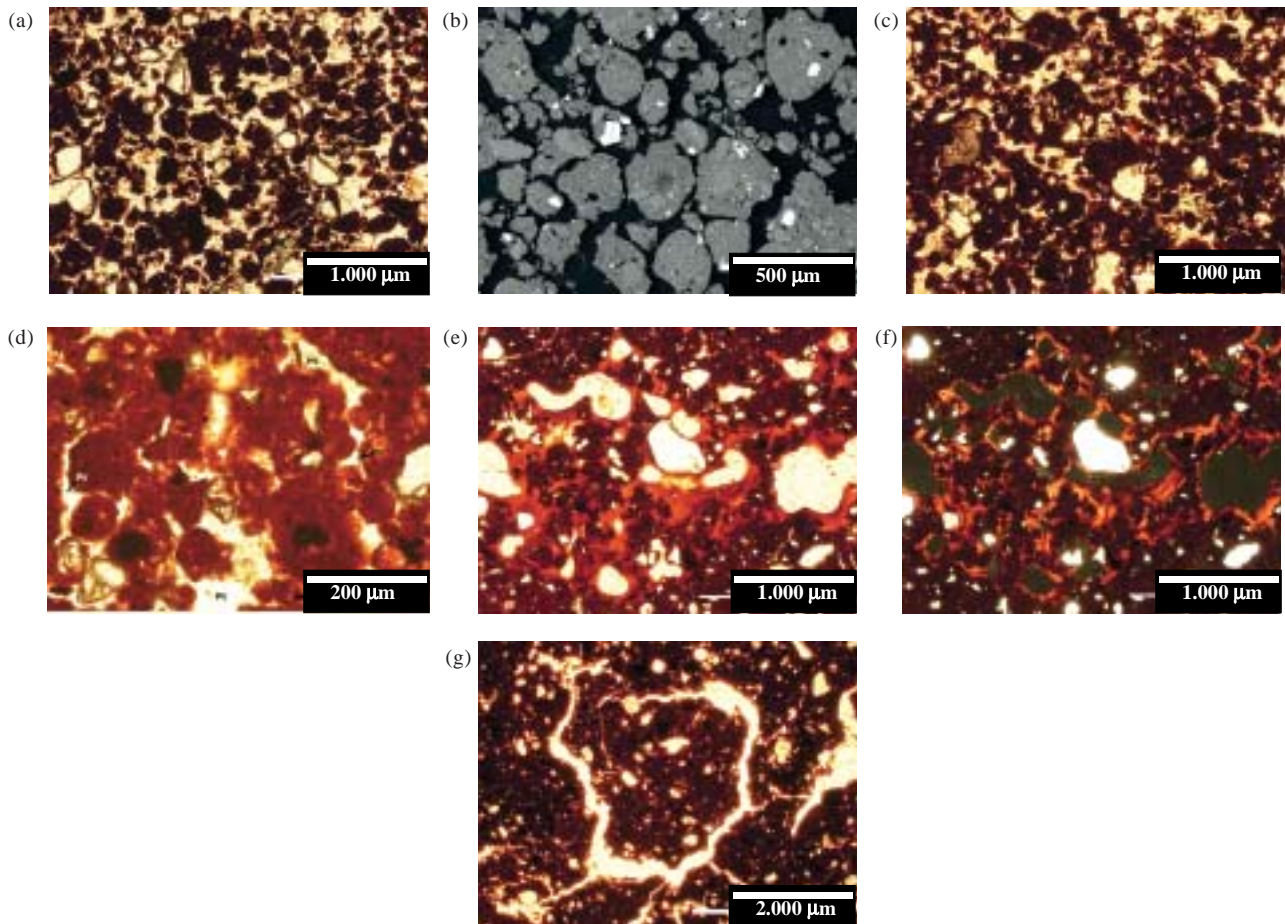
aparece mais próximo da superfície. A seqüência de horizontes estudada foi Bt1, Bt2, Bt3, BC.

O horizonte Bt1 apresenta duas zonas porfíricas que foram diferenciadas principalmente pela porosidade. A zona dominante apresenta uma microestrutura caracterizada por agregados poliédricos subangulares (blocos subangulares), com pedalidade de moderada a fraca e uma porosidade dominante policôncava. A outra zona apresenta agregados poliédricos subangulares com uma pedalidade moderada (Figura 1g). A porosidade desta

**Quadro 4. Granulometria e densidade dos solos estudados**

Horizonte	AMG <sup>(1)</sup>	AG <sup>(2)</sup>	AM <sup>(3)</sup>	AF <sup>(4)</sup>	AMF <sup>(5)</sup>	Silte	Argila	Gradiente textural	Densidade do solo
	g kg <sup>-1</sup>								kg dm <sup>-3</sup>
Perfil 1 – Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico									
A 0,00-0,10 m	5,4	26,6	59,4	165,6	15	142	586		1,44
BA 0,10-0,30 m	4,4	10,8	44	154,8	44	144	598		1,53
Bt1 0,30-0,70 m	2,6	10,2	35,8	127,4	0,0	104	720	1,21	1,47
Bw1 0,70-0,90 m	2,6	10,8	38	137,6	18	81	712		1,22
Bw2 0,90-2,00 m+	2,6	10,2	34,2	126	56	125	646		1,20
Perfil 2 – Nitossolo Vermelho eutroférico típico									
A 0,00-0,15 m	3	22,8	91,6	126,6	46	183	527		1,47
Bt1 0,15-0,35 m	2,4	10,4	49	151,2	34	183	570	1,2	1,64
Bt2 0,50-1,00 m	2,4	10,6	41	107	10	162	667		1,63
Bt3 1,00-1,50 m	1,2	7,6	39,8	114,4	29	142	666		1,59
BC 1,50-1,70 m+									1,50

<sup>(1)</sup> AMG = areia muito grossa. <sup>(2)</sup> AG = areia grossa. <sup>(3)</sup> AM = areia média. <sup>(4)</sup> AF = areia fina. <sup>(5)</sup> AMF = areia muito fina.



**Figura 1. Microfotografias dos processos de adensamento, iluviação e fissuração. (a) Estrutura microgranular com porosidade de empacotamento e trama enáulica; (b) Imagem em elétrons retroespalhados detalhando a estrutura microgranular; (c) Microagregados coalescidos; (d) Detalhe dos microagregados coalescidos e formação de cavidades policôncavas; (e) Revestimentos de argila iluvial (feições pedológicas texturais) preenchendo a porosidade de empacotamento e cavidades policôncavas e cimentando os microagregados (PPL); (f) Mesma imagem em XPL; (g) Blocos subangulares separados por uma porosidade fissural e cavidades policôncavas no interior destes.**

zona é predominantemente fissural, apresentando, também, cavidades policôncavas e cavidades biológicas. Observou-se a presença de revestimentos de iluviação (ferri-argilãs) preenchendo principalmente os poros cavitários policôncavos e fissurais (Figuras 1e e 1f).

O horizonte Bt2 apresentou-se bastante homogêneo com trama porfírica e bastante denso.

Apresentou agregados poliédricos subangulares (blocos subangulares) e uma pedalidade moderada. As cavidades policôncavas predominam, observando-se também canais, cavidades arredondadas e algumas fissuras. Verificou-se a abundante presença de revestimentos de iluviação (ferri-argilãs) de cores vermelhas brilhantes localizados nas cavidades policôncavas.

**Quadro 5. Descrição micromorfológica dos perfis 1 (horizontes Bt1, Bw1, transição Bw1-Bw2 e Bw2) e 2 (horizontes Bt1, Bt2, Bt3 e BC)**

Atributo	Perfil 1 (T1)			
	Bt1 (40-55 cm)	Bw1 (80-95 cm)	Transição Bw1/Bw2 (110-125 cm)	Bw2 (140-155 cm)
Geral	Heterogênea. Três zonas: Zona A (25 %), Zona B (50 %) e Zona C (25 %). Apresentam densidades diferentes	Duas zonas. Zona A densa (30-40 %), Zona B microagregada (60-70 %)	Duas zonas. Zona A mais densa (40 %), Zona B (60 %) microagregada	Uma única zona apresentando localmente zonas densas (5 %)
Microestrutura	A) Agregados poliédricos subangulares (tam., 0,5-20 mm) (blocos subangulares), pedalidade forte a moderada B) Agregados poliédricos subangulares e aglomerados de microagregados (200 µm-1,5 mm) C) Microagregados subarredondados (60 %, 200-800 µm) e poliédricos (40 %, 200-800 µm). Alguns aglomerados de microagregados e fissuras	A) Agregados poliédricos subangulares (800 µm-8 mm) (blocos subangulares) B) Microagregados e aglomerados de microagregados (20-1000 µm)	A) Agregados poliédricos subangulares (800 µm-8 mm) (blocos subangulares) pedalidade moderada a forte B) Microagregados (400-500 µm) e aglomerados de microagregados. pedalidade moderada a forte	Microagregados (50 µm-1,6 mm), poucos agregados poliédricos (2-3 mm e 2-3 cm) e aglomerados de microagregados
Micromassa	A) Vermelho-Escuro, argila mineralógica, e óxidos de ferro, indiferenciado B) Vermelho-Escuro, argila mineralógica, e óxidos de ferro, indiferenciado C) Vermelho-Escuro, argila mineralógica, e óxidos de ferro, indiferenciado	A) Vermelho-Escuro, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado com tendência a poroestriado B) Vermelho-Escuro, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado	A) Vermelho-Escuro, indiferenciado B) Vermelho-Escuro, indiferenciado	Vermelho-Escuro, indiferenciada
Material grosseiro	Quartzo subarredondado e mal selecionado (30 µm a 1 mm)	Quartzo subarredondado e mal selecionado	Quartzo subarredondado e moderadamente selecionado	Quartzo subarredondado (500 µm-1,5 mm)
Poros	A) Interagregados: Porosidade fissural Dominante (70 %, tam. 20-300 µm), cavidades biológicas (30 %, tam. 102,5 mm) Intragregados: policôncavos (80 %, tam. 50-300 µm) e microfissuras (20 %, tam. 10-30 µm) B) Interagregados: Porosidade policôncava (80 %, 20 µm-1 mm), poros fissurais (10 %, 50-100 µm) cavidades biológicas (10 %, 300 µm-1,5 mm) Intragregados: Porosidade mamelonar (10-20 µm) C) Porosidade de empacotamento (dom.), presença de poros policôncavos e fissuras dentro dos aglomerados de microagregados	A) Porosidade policôncava dominante com dois tamanhos 20-50 µm e 100 µm-1 mm. Poros fissurais (10 %, 100 µm-1,6 mm) e cavidades biológicas (30 %, 200 µm-4 mm) B) Porosidade de empacotamento, algumas microfissuras (5-20 µm)	A) Porosidade policôncava dominante (20-400 µm), cavidades (200 µm-1 mm) e microfissuras (20-50 µm) B) Porosidade de empacotamento com microfissuras entre os agregados e porosidade policôncava (100-400 µm)	Porosidade de empacotamento dominante, presença de canais e cavidades biológicas (400 µm-2,5 mm), porosidade policôncava (50-200 µm) dentro dos aglomerados de microagregados
Trama	A) Porfírica B) Porfírica aberta C) Enáulica	A) Porfírica B) Enáulica	A) Porfírica e porfiro-enáulica B) Pórfiro-enáulica	Enáulica fechada
Feições pedológicas	-Revestimentos de iluviação (ferri-argilãs) (5 % da lâmina). Alguns revestimentos com orientação manchada	-Revestimentos de iluviação (ferri-argilãs) (4 % da lâmina). Alguns revestimentos com orientação manchada	B) Presença de poros com preenchimentos (ortotúbulos) (200 µm-3 mm) com limites externos adensados	Presença de poros preenchidos com microagregados (ortotúbulos) e com limite externo adensado

Continua...



**Quadro 5. Continuação**

Atributo	Perfil 2 (T2)			
	Bt1 (15-30 cm)	Bt2 (50-65 cm)	Bt3 (110-125 cm)	BC (152-167 cm)
Geral	Duas zonas. Zona A, dominante de cor vermelha escura, e Zona B, de cor bruna avermelhada	Homogêneo e bastante denso	Duas zonas. Zona A, (50 %) densa, e Zona B (50 %) com poros mamelonares bem desenvolvidos	Duas zonas. Zona A, zona de alteração formada por um alteroplasma de cor bruna e bruna amarelada, e Zona B, zona pedogenética de cor avermelhada e bruna-avermelhada
Micro-estrutura	A) Blocos subangulares (3 mm-2 cm). Pedalidade moderada a fraca. B) Blocos subangulares (2-6 mm) Pedalidade moderada	Blocos subangulares (2-8 mm) Pedalidade moderada	A) Blocos subangulares (3-8 mm). Pedalidade moderada B) Aglomerados de microagregados (200 µm-1 mm), Blocos subangulares (1-3 mm) Pedalidade moderada	A) Alteroplasma com estrutura particular B) Blocos subangulares (1-12 mm) e aglomerados de microagregados (200 µm-2 mm)
Micromassa	A) Vermelho escuro, argila mineralógica, e óxidos de ferro, indiferenciado B) Bruno avermelhado, indiferenciado com tendências a poroestriado e salpicada granida	Vermelho-Escuro, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado com tendência a poroestriado e salpicada granida	A) Vermelho-Escuro, indiferenciado com domínios salpicado granido e poroestriados, argila mineralógica e óxidos de ferro B) Vermelho escuro, sendo bastante heterogêneo apresentando zonas poroestriado, salpicada granida e salpicada em mosaico	A) Alteroplasma com fábrica birrefringente salpicada granida B) Salpicada granida e indiferenciada em alguma áreas impregnadas com ferro
Material grosseiro	Quartzo fissurado (20-500 µm), subarredondados e poliédricos	Quartzo predominaram os subarredondados e alguns subangulares, mal selecionados	Heterogêneo formado por quartzo, minerais ferro-magnesianos e plagioclásios alterados	A) Plagioclásios alterados (50 %, minerais ferro-magnesianos (30 %), quartzo (20 %). B) Quartzo (60 %), plagioclásios (30 %), minerais ferro-magnesianos (10 %)
Poros	A) Poros policôncavos (50 %, 50-70 µm), fissurais (30 %, 100 µm-5 cm), cavidades e canais biológicos (20 %, 1-4 mm) B) Poros fissurais (40 %), policôncavos (30 %) e cavidades biológicas (30 %, 500 µm-5 mm)	Poros policôncavos (40 %, 5 µm-3 mm), cavidades e canais biológicos (30 %, 500 µm-7 mm), fissuras (30 %, 0,5-5 cm)	A) Poros policôncavos (50 %, 50-800µm), fissurais (30 %, 100µm-4 mm), canais e cavidades biológicas (20 %, 1-8 mm) B) Poros policôncavos (70 %, 100-1 mm) canais e cavidades biológicas (20 %, 800 µm-3 mm), fissuras (10 %)	A) Fissuras (100 µm-3 mm) bem desenvolvidos, poros policôncavos (50 µm-3 mm) B) Poros policôncavos (50 %, 50-600µm) canais e cavidades biológicas (30 %, 200 µm-5 mm), fissuras (20 %, 200 µm-10 mm)
Trama	A) Porfírica B) Porfírica	Porfírica	A) Porfírica B) Pórfiro-enáulica	A) Pórfiro-enáulica B) Porfírica e pórfiro-enáulica
Feições pedológicas	- Presença de poros com preenchimentos (ortotúbulos) bem desenvolvidos - Revestimentos de iluviação (ferriargilãs) (7 %) preenchendo os poros policôncavos e fissurais	- Presença de poros com preenchimentos (ortotúbulos) com paredes adensadas e preenchidas com microagregados - Revestimentos de iluviação (ferriargilãs) (9 %) de cores vermelhas brilhantes localizadas nos poros policôncavos	- Presença de poros com preenchimentos (ortotúbulos) (3-9 mm) com paredes adensadas e preenchidas com microagregados e aglomerados de microagregados - Revestimentos de iluviação (ferriargilãs) (4 %) localizados na porosidade policôncava e fissural	Linhas de penetração de ferro no material alterado de plagioclásios e caulinita Associação do ferro com a caulinita no fundo matricial formando formas arredondadas

Duas zonas foram distinguidas no horizonte Bt3: uma com uma trama porfírica e outra pórfiro-enáulica. A zona porfírica é dominada por agregados poliédricos subangulares (blocos subangulares), contrastando com a outra zona que apresenta uma macroestrutura dominada por aglomerados de microagregados e agregados poliédricos subangulares. A porosidade diferencia-se principalmente no desenvolvimento das cavidades policôncavas, sendo maior na zona pórfiro-enáulica. Em comparação com o horizonte anterior, percebe-se diminuição na quantidade de revestimentos de iluviação (ferriargilãs) preenchendo os poros fissurais e policôncavos.

A lâmina do horizonte BC revelou duas zonas bem definidas com uma transição gradual entre elas. A primeira delas corresponde a uma zona de alteração formada por um alteroplasma com fábrica birrefringente salpicada granida de cor bruna e bruno-amarelada, composta, principalmente, por plagioclásios alterados e caulinita. Apresenta uma trama pórfiro-enáulica, sendo a porosidade dominada por fissuras e cavidades policôncavas. A segunda corresponde a um pedoplasma salpicado granido e indiferenciado de cor avermelhada e bruno-avermelhada que apresenta uma trama porfírica e pórfiro-enáulica. A microestrutura é formada por agregados poliédricos subangulares (blocos subangulares) e aglomerados de microagregados. A porosidade é dominada por cavidades policôncavas, alguns canais e cavidades biológicas, e por fissuras.

### **Espaço poroso por análise de imagens**

Os resultados da figura 2 são apresentados na forma de histogramas de repartição da porosidade total em classes de tamanho e da forma dos poróides, seguindo a tipologia definida nos quadros 1 e 2.

No perfil 1, foram realizados os estudos de análise de imagens nos seguintes horizontes: Bt1, Bt2, Bt2/Bw e Bw (Figura 2).

A análise da porosidade média total (tap), no perfil 1, mostrou um aumento gradativo da porosidade entre os horizontes Bt1 e Bw2, passando de uma porosidade média de 10,44 %, no Bt1, para 16,78 %, no Bw2, ou seja, a porosidade aumentou de um fator de 1,6. Os horizontes de transição, horizontes Bw1 e Bw1/Bw2, apresentaram valores médios de 13,82 e 14,22 %, respectivamente.

Em todos os horizontes, verificou-se que a porosidade dominante mostrou-se arredondada (Arr). A proporção de poróides alongados (Alon) encontrados em todos os horizontes foi a mesma, com maior presença de tamanhos grandes deste tipo de poróides nos horizontes Bt. A porosidade complexa (Comp) diminuiu em direção do Bt, com exceção do horizonte Bw1 onde se observou uma presença

importante desta porosidade e de tamanho grande.

No perfil 2 (Figura 2), foram estudados por meio desta técnica os horizontes Bt1, Bt2, Bt3 e BC. Analisando a porosidade destes horizontes, verificou-se um decréscimo da porosidade média total (tap) até o horizonte Bt3 para logo aumentar no BC. Assim, passou-se de uma porosidade média de 8,36 %, no Bt1, para 5,32 %, no Bt3, para logo aumentar até 8 % no BC.

No perfil 2, novamente aparecem os poros Arr como dominantes. O horizonte Bt3 que apresentou a maior proporção destes poros, enquanto os horizontes Bt1 e Bt2 apresentaram as maiores proporções de poros Alon e os de maior tamanho também, diminuindo a proporção destes nos horizontes Bt3 e BC. Os poros Comp desapareceram completamente do horizonte Bt3, e os horizontes Bt1 e BC apresentaram proporções pequenas destes poros.

Observou-se uma diminuição global da porosidade média total (tap) entre os perfis 1 e 2. Fazendo uma comparação da variação da porosidade entre os horizontes das trincheiras 1 e 2, verifica-se que entre os dois horizontes Bt1 a porosidade diminui por um fator de 1,11; entre os horizontes Bw1 e Bt2, por um fator de 2,07; entre o Bw1/Bw2 e o Bt3, por um fator de 2,67 e entre o Bw2 e o BC, por um fator de 2,09.

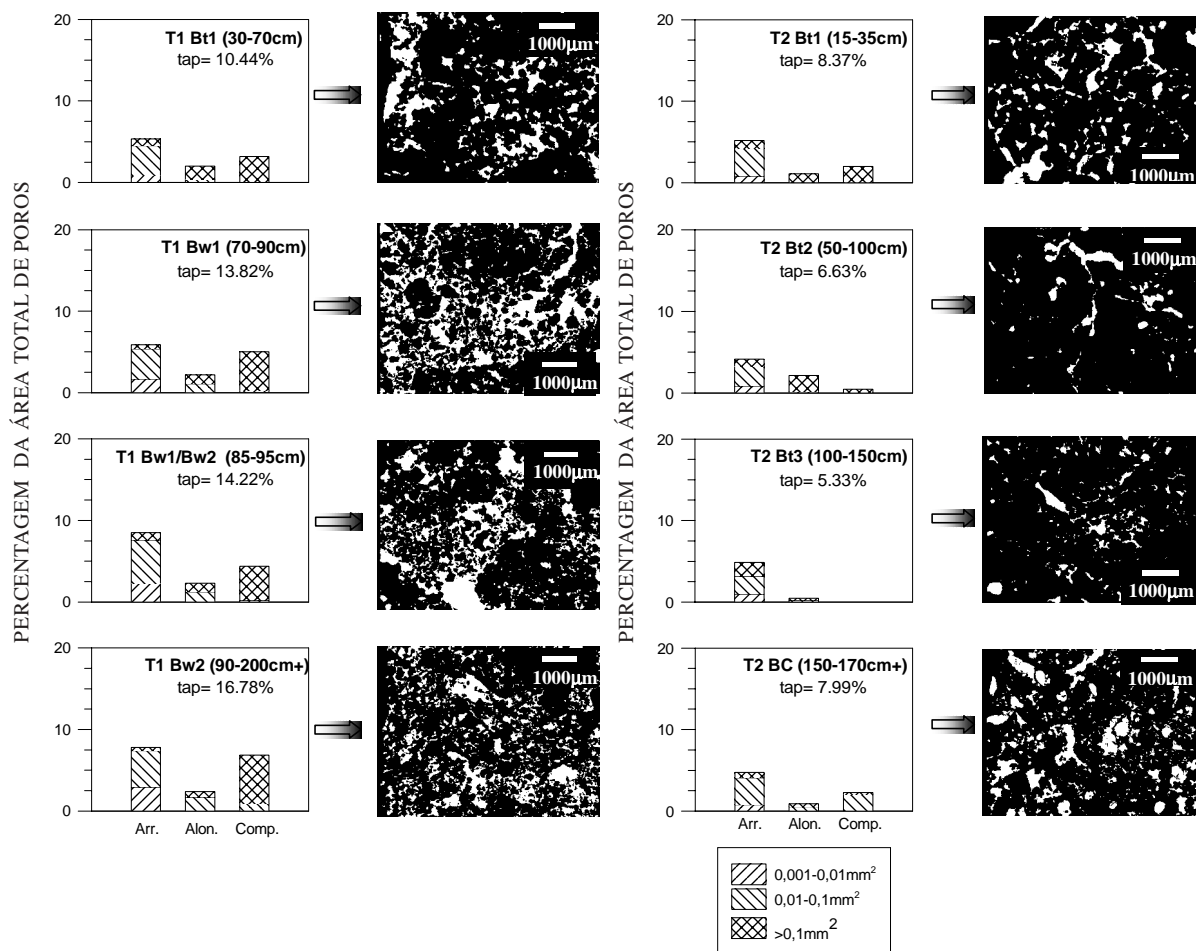
É interessante destacar que a relação poróides Arr e poróides Comp é inversamente proporcional nestes perfis, ou seja, onde há uma proporção da porosidade Comp alta a porosidade Arr é menor, enquanto onde a porosidade Comp é baixa a proporção da porosidade Arr é alta. Observa-se, também, que os poróides Alon do horizonte Bt apresentaram maior proporção das classes de tamanho grande que os horizontes Bw. A maior parte da porosidade Comp do perfil encontra-se distribuída dentro da classe de tamanho grande.

### **Caracterização físico-hídrica**

A determinação da condutividade hidráulica e da curva de retenção de água no solo tem como objetivo conhecer as relações existentes entre a estrutura do solo e o comportamento hídrico do horizonte.

A figura 3 ilustra as curvas de condutividade hidráulica dos horizontes Bt1 e Bw2 do perfil 1 e Bt3 do perfil 2.

O exame do conjunto dos valores de condutividade hidráulica evidenciou ser a dispersão das medidas grande em cada uma das sucções aplicadas. Os poros que vão contribuir para a infiltração da água incluem a macroporosidade e parte da mesoporosidade. A macro e a mesoporosidade têm geralmente uma origem estrutural e, ou, biológica e estão sujeitas a uma forte heterogeneidade espacial, isto pode explicar a forte dispersão observada na determinação da condutividade hidráulica.



**Figura 2. Distribuição da porosidade total (tap), segundo a forma e o tamanho dos poróides de cada horizonte dos perfis 1 (T1) e 2 (T2), e imagens binárias correspondentes (os poróides aparecem em branco e a fase sólida em preto). Arr = arredondados, Alon = alongados, Comp = complexos, Bt = horizonte B nítico, Bw = horizonte B latossólico.**

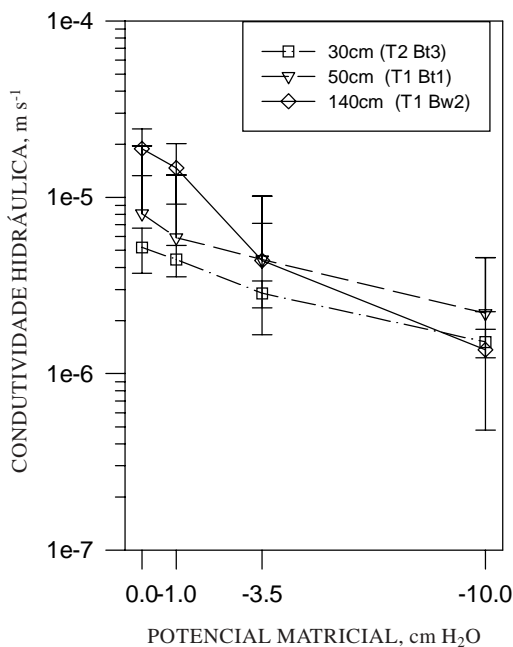
A análise da condutividade hidráulica pode ser feita em paralelo com os dados apresentados na figura 2, onde se descreve a distribuição da porosidade de acordo com a sua forma e tamanho. Para o perfil 1, existe uma diferença significativa entre a condutividade hidráulica entre os horizontes Bt1 e Bw2 principalmente para a condutividade hidráulica determinada em baixos potenciais (0 e -1 cm H<sub>2</sub>O) (Figura 3). Estes potenciais referem-se à condutividade hidráulica saturada e à condutividade hidráulica através de poros de até 1,5 mm de diâmetro, correspondendo à porosidade grande da figura 2. As variações desta classe de porosidade são maiores e podem estar influenciando as variações encontradas nas condutividades hidráulicas determinadas nestes potenciais. A forma dos poros também influi na condutividade determinada nos potenciais 0 e -1. Assim um maior desenvolvimento da porosidade complexa pode explicar o aumento da condutividade hidráulica observado no horizonte Bw2.

O horizonte Bt3 do perfil 2 apresentou os valores mais baixos de condutividade hidráulica dos três

horizontes analisados. Estes baixos valores de condutividade hidráulica refletem os altos valores de densidade que este horizonte apresenta, a baixa porosidade média total (tap) e a distribuição da forma e tamanho dos poros apresentados na figura 2. Apesar de não ter apresentado a condutividade hidráulica dos outros horizontes Bt do perfil 2, estes apresentam valores e comportamento semelhantes ao do horizonte Bt3.

Os resultados referentes às curvas de retenção de água no solo estão apresentados na figura 4.

A análise das curvas de retenção de água dos horizontes do perfil 1 mostra dois grupos de curvas: um grupo correspondente aos horizontes Bw1 e Bw2, com um gradiente pronunciado de umidade volumétrica entre os potenciais matriciais altos (> -0,01 MPa) e baixos (< -0,01 MPa), e um segundo grupo formado pelos horizontes A, BA e Bt1 muito semelhantes entre eles, que apresentam um gradiente médio a baixo entre os potenciais baixos e altos.



**Figura 3. Condutividade hidráulica dos horizontes Bt1 e Bw2 do perfil 1(T1) e Bt3 do perfil 2 (T2).**

O gradiente pronunciado observado nos horizontes Bw1 e Bw2, em comparação com os horizontes A, BA e Bt1, com um gradiente menos pronunciado, deveu-se à presença da estrutura dominante microagregada (Bw2) ou de aglomerados de microagregados (Bw1) e, conseqüentemente, a uma dominância da porosidade estrutural (interagregados) sobre a porosidade textural (intra-agregados) que confere a estes horizontes uma boa drenagem, boa condução e moderada a baixa retenção de água. Contrariamente, as curvas dos horizontes A, BA e Bt1 apresentam uma estrutura em blocos subangulares mais desenvolvida e compacta que resulta num domínio da porosidade textural sobre a porosidade estrutural, conferindo a estes solos um comportamento caracterizado por uma maior retenção de água e uma diminuição na condução de água.

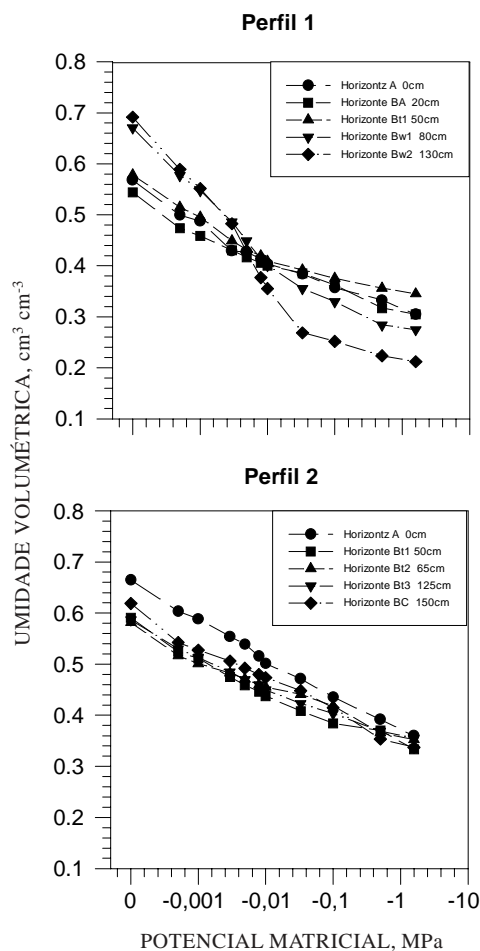
As curvas de retenção de água do perfil 2 apresentam as mesmas características, não se observando diferenças no gradiente e na forma entre elas. Todas elas apresentam características estruturais e de porosidade semelhantes. Desta forma, existe um equilíbrio entre a porosidade estrutural e textural, que confere a estes horizontes um comportamento caracterizado por uma boa retenção de água e uma moderada condução. Um pequeno deslocamento na região correspondente à porosidade estrutural foi observada na curva do horizonte BC em relação aos horizontes Bt. Este fenômeno pode estar relacionado com a presença de uma microagregação incipiente no horizonte BC.

Na figura 5, apresentam-se as curvas organizadas por horizontes e profundidades. Observa-se que a

única coincidência no comportamento da curva de retenção de água foi entre os horizontes Bt1 dos dois perfis. Nas outras profundidades, mudanças no comportamento do solo à retenção de água coincidem com as diferenças na estrutura e porosidade destes horizontes descritos anteriormente nas análises morfológicas, micromorfológicas e análise de imagens.

### Caracterização e definição do horizonte B nítico

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) define o horizonte B nítico como sendo “um horizonte mineral subsuperficial, não hidromórfico com textura argilosa ou muito argilosa sem incremento de argila do horizonte A para B ou com pequeno incremento, porém não suficiente para caracterizar a relação textural B/A do horizonte B textural, apresenta argila de atividade baixa ou alta, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismática moderada ou forte, com superfícies reluzentes (shiny peds) dos agregados, característica esta descrita como cerosidade moderada ou forte, com transição gradual ou difusa entre subhorizontes



**Figura 4. Curvas de retenção da água dos perfis estudados. As curvas foram feitas utilizando o log do potencial matricial em MPa.**

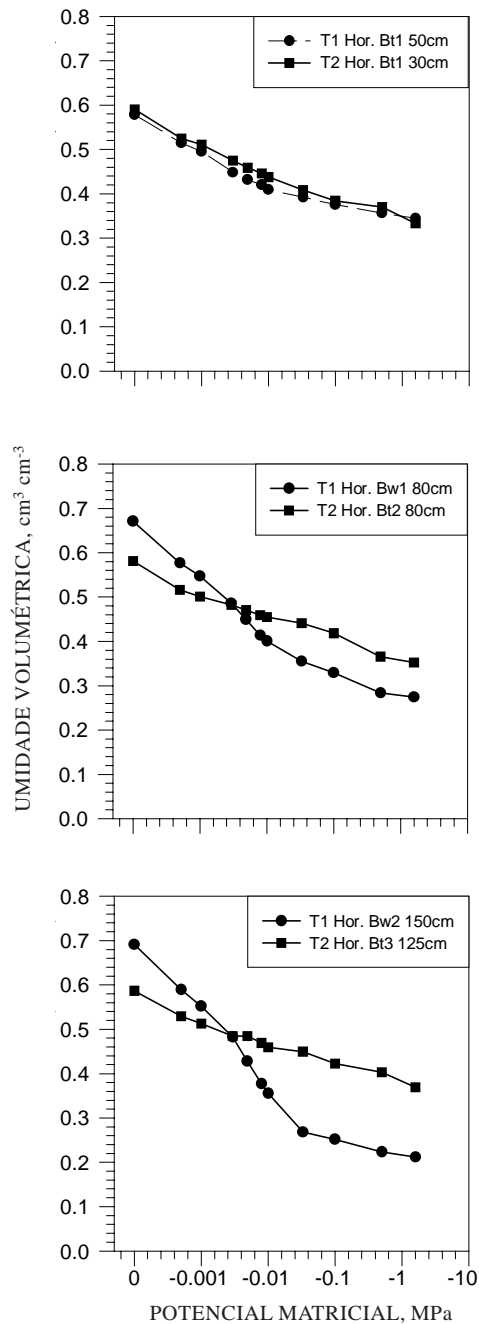
do horizonte B”. Uma controvérsia existe entre os pedólogos na definição deste horizonte, principalmente no que se refere ao grau de agregação e abundância e ao grau de desenvolvimento da cerosidade. Para tentar elucidar esta controvérsia, discutem-se os dados morfológicos qualitativos e quantitativos, confrontando-os com o comportamento físico-hídrico de cada horizonte do solo.

No perfil 1 (Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico), observou-se um adensamento gradual no sentido vertical ascendente, propiciado principalmente pela coalescência de microagregados e pelo entupimento da porosidade por argila iluviada. Este adensamento vertical traduz-se numa mudança de estrutura e porosidade nesse mesmo sentido, transformando uma estrutura granular em uma estrutura em blocos subangulares. A porosidade também sofre uma evolução, passando de uma porosidade complexa de empacotamento dominante para uma porosidade onde dominam as cavidades policôncavas e as fissuras (poros arredondados e alongados). Também, neste mesmo sentido, observou-se uma evolução no grau de agregação e na abundância e no grau de desenvolvimento da cerosidade. Esta evolução da estrutura, porosidade, grau de agregação e cerosidade traduz-se em comportamentos físico-hídricos diferenciados (Figuras 3 e 4).

O perfil 2 (Nitossolo Vermelho eutroférico) não apresentou modificações tão grandes na estrutura e porosidade como no perfil 1. Este perfil apresentou-se mais homogêneo em relação à morfologia dos agregados, distribuição e tamanho da porosidade, e à densidade do solo (Quadro 4 e Figura 2). Esta maior homogeneidade nas suas características morfológicas proporcionou, também, maior homogeneidade no comportamento físico-hídrico desses horizontes (Figura 4).

A análise do comportamento físico-hídrico dos horizontes dos dois perfis estudados mostrou a íntima relação existente entre este e a forma e o grau de estrutura, e a abundância e desenvolvimento da cerosidade. Observou-se que os horizontes formados por blocos subangulares de grau forte ou moderado, com cerosidade moderada e abundante e moderada e comum, apresentavam um comportamento físico-hídrico influenciado por um menor desenvolvimento de poros estruturais (macroporos) e, conseqüentemente, por valores mais baixos de condutividade hidráulica e um maior desenvolvimento de poros texturais (microporos), que favorecem os processos de retenção de água (Figuras 3, 4 e 5).

Por outro lado, os horizontes formados por blocos subangulares de grau moderado ou fraco, com ou sem presença de estrutura microgranular, e nenhuma cerosidade ou cerosidade fraca e comum, caracterizam-se por apresentar um maior desenvolvimento dos poros estruturais (macroporos), favorecendo os processos de condução de água (maior



**Figura 5. Comparação das curvas de retenção da água entre os horizontes dos dois perfis (T1 e T2) estudados. As curvas foram feitas utilizando o log do potencial matricial em MPa.**

condutividade hidráulica) e menor desenvolvimento dos poros texturais (microporos), diminuindo a retenção de água no horizonte. Considerando a influência dos atributos morfológicos sobre o comportamento físico-hídrico dos horizontes dos perfis em estudo, os horizontes do primeiro grupo foram classificados como B níticos e os segundos como B latossólicos, conforme sugerido no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

Os horizontes Bw1 do perfil 1 e Bt3 do perfil 2 apresentam estrutura em blocos subangulares de grau moderado. Estes se diferenciam no grau de desenvolvimento da cerosidade, sendo comum e fraca no primeiro, e comum e moderada no segundo, e pela presença de zonas microagregadas. Este maior desenvolvimento de cerosidade, aliado ao desaparecimento das zonas microagregadas no horizonte Bt3, influenciou o seu comportamento físico-hídrico, aproximando-o do comportamento dos horizontes B níticos supradescritos (Figuras 3, 4 e 5).

Esta mudança de comportamento é explicada pela diminuição da porosidade total deste horizonte, pela modificação da morfologia dos poros e pelo conseqüente adensamento dos agregados (Figuras 1 e 2). No caso do horizonte Bw1, a presença de zonas microagregadas e modificações mínimas do espaço poroso pela cerosidade (iluviação) proporcionou a este horizonte um comportamento físico-hídrico muito próximo ao comportamento dos horizontes B latossólicos com estrutura microgranular. O incremento da retenção de água neste horizonte nos potenciais mais altos mostra o efeito desta fraca iluviação, que não é suficiente para modificar o comportamento nos potenciais correspondentes à porosidade estrutural (Figura 4 e 5).

Portanto, horizontes com atributos físico-químicos de Latossolo, porém com estrutura em blocos subangulares de grau moderado e cerosidade moderada e comum, têm comportamento físico hídrico similar ao dos horizontes B níticos mais desenvolvidos, enquanto horizontes que apresentam estrutura com este mesmo grau de agregação e menores quantidades e menor grau de desenvolvimento de cerosidade têm comportamento físico hídrico de horizonte B latossólico, que justifica, do ponto de vista físico-hídrico, a utilização desses atributos morfológicos na diferenciação entre horizontes B níticos de horizontes B latossólicos.

### CONCLUSÕES

1. A análise do comportamento físico-hídrico dos horizontes B nítico e B latossólico mostrou que o grau de desenvolvimento da estrutura e a abundância e desenvolvimento da cerosidade são fundamentais na separação destes horizontes no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos quando apresentam estrutura em blocos subangulares.

2. O horizonte B nítico, além de apresentar estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismas de grau moderado ou forte, deve apresentar cerosidade, no mínimo, moderada e comum.

3. Solos com os demais atributos de Latossolos e que apresentem no horizonte B estrutura cujos agregados sejam do tipo blocos subangulares de grau moderado, com cerosidade fraca e comum, devem ser classificados como Latossolos.

### LITERATURA CITADA

- ANKENY, M.D.; AHMED, M.; KASPAR, T.C. & HORTON, R. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:467-470, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (DNPEA. Boletim Técnico, 30)
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. & BABEL, U. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, Waine Research Publication, 1985. 152p.
- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 12:11-33, 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 Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106)
- COOPER, M. Influência das condições físico-hídricas nas transformações estruturais entre horizontes B latossólico e b textural sobre diabásio. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1999. 130p. (Tese de Doutorado)
- CREUTZBERG, D. & SOMBROEK, W.G. Micromorphological characteristics of Nitisols. In: RÉUNION INTERNATIONALE DE MICROMORPHOLOGIE DES SOLS, 7., Paris, 1987. Anais. Paris, 1987. p.151-155.
- CUNHA, J.E.; CASTRO, S.S. & SALOMÃO, F.X.T. Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, noroeste do estado do Paraná. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:943-951, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa produção de informação, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 61., Colombo, 2002. Guia de excursão de estudos de solos nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo, 2002. 222p.
- FAO World reference base for soil resources. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 109p. (World Soil Resource Report, 84)
- FAO Lecture notes on the major soils of the world. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001. 337p. (World Soil Resource Report, 94)
- KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods, 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.635-662.

- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Campinas, SBSC/SNLCS, 1984. 46p.
- MIKLÓS, A.A.W. Biodynamique d'une couverture pédologique dans la région de Botucatu, Brésil. Paris, Université de Paris, VI, 1992. 438p. 2.v. (Tese de Doutorado)
- MORAN, C.J.; KOPPI, A.J.; MURPHY, B.W. & MCBRATNEY, A.B. Comparison of the macropore structure of a sandy loam surface soil horizon subjected to two tillage treatments. *Soil Use Manag.*, 4:96-102, 1988.
- MURPHY, C.P. Thin section preparation of soils and sediments. Rothamsted, A.B. Academic Publishers, 1986. 149p.
- SANTOS, M.C.D. Afinal, o que é cerosidade? *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 26:10-12, 2001.
- SOMBROEK, W.G. & SIDERIUS, W. Nitosols, a quest for significant diagnostic criteria. In: ANNUAL Report. Wageningen, International Soil Museum, 1981. p.11-31.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. & SCHNEIDER, P. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126p.
- VAUCLIN, M. & CHOPART, J.L. L'infiltrométrie multidisques pour la détermination *in situ* des caractéristiques hydrodynamiques de la surface d'un sol gravillonnaire de Côte-d'Ivoire. *L'Agron. Trop.*, 46:259-271, 1992.
- VIDAL-TORRADO, P. Essa tal cerosidade. *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 26:13-15, 2001.