

# SEÇÃO I - FÍSICA DO SOLO

## UMA CLASSIFICAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DOS SOLOS<sup>(1)</sup>

T. B. OTTONI FILHO<sup>(2)</sup>

### RESUMO

É proposto um sistema de classificação de solos baseado na capacidade de aeração e de hidratação dos perfis. A hidratação é medida pela água disponível (capacidade de campo menos ponto de murcha), enquanto a aeração é avaliada pela conjugação dos valores de ar disponível (porosidade total menos capacidade de campo) e de velocidade de infiltração básica. A partir desses pressupostos, são definidas 10 ordens e 28 classes de solos. As variáveis de entrada são: densidade das partículas, densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha e velocidade de infiltração básica. A classificação é baseada em critérios estritamente numéricos e inexistem componentes subjetivos de avaliação. As nove ordens principais, cada uma com três classes, são: solos aerado-aquíferos (I); solos aerado-mesaquíferos (II); solos mesaerado-aquíferos (III); solos mesaerado-mesaquíferos (IV); solos aerado-aquícludos (V); solos mesaerado-aquícludos (VI); solos anaerado-aquíferos (VII); solos anaerado-mesaquíferos (VIII); solos anaerado-aquícludos (IX). Uma última ordem é possível (ordem X), a ordem dos solos alagados, com apenas uma classe. É feita uma aplicação do método em solos com classes texturais variadas, desde areias até solos muito argilosos. Demonstra-se que inexistente uma relação direta entre as classes texturais e as classes ou ordens de solo do sistema. Com a conjugação de outras informações (meteorológicas, fitológicas, topográficas, de nível de manejo), propõe-se seja o método também utilizado como ferramenta de manejo dos solos ou na avaliação de aptidão agrícola das terras ou no dimensionamento dos projetos de irrigação.

**Termos de indexação:** classificação de solo, água disponível, aeração do solo, velocidade de infiltração básica.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em dezembro de 2001 e aprovado em setembro de 2002.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFFRJ. CEP 23851-970 Seropédica (RJ).  
E-mail: drhima@civil.ee.ufrj.br

### **SUMMARY: A PHYSICO-HYDRICAL SOIL CLASSIFICATION**

*A soil classification system is proposed, based on the aeration and hydration capacities of profiles. Hydration is measured by the available water (field capacity minus wilting point), and aeration evaluated by the connection of available air (total porosity minus field capacity) values and steady state infiltration rate. On this basis, 10 soil orders and 28 soil classes are defined. Input variables are: density of solids, bulk density, porosity, field capacity, wilting point, and steady state infiltration rate. The classification is based on strictly numerical criteria, and there are no components of subjective evaluation. The nine principal orders, containing three classes each, are: aerated-aquiferous soils (I); aerated-mesaquiferous soils (II); mesaerated-aquiferous soils (III); mesaerated-mesaquiferous soils (IV); aerated-aquicludeous soils (V); mesaerated-aquicludeous soils (VI); unaerated-aquiferous soils (VII); unaerated-mesaquiferous soils (VIII); unaerated-aquicludeous soils (IX). One last order is possible (order X): the flooded soil order, with only one class. The methodology is applied by selecting soils from literature with varying textural classes, from sands to very fine clayey soils. It is demonstrated that there is no direct relation between the textural class and the soil system class or order. It is suggested that the methodology could also be utilized as a tool for soil management or for the evaluation of agricultural capability of lands where other information (meteorological, phythological, topographic, and management level) is included. Furthermore, the methodology contains useful information for irrigation system projects.*

*Index terms: soil classification, available water, soil aeration, steady state infiltration rate.*

### **INTRODUÇÃO**

Uma característica essencial de um solo produtivo é que ele seja capaz de manter uma dotação adequada de ar e água às raízes vegetais. A ênfase dada à estrutura do solo como fator de produção agrícola deve-se, em grande parte, ao fato de serem o ar e a água os ocupantes básicos dos espaços vazios. A sustentabilidade agrícola dos solos, prioritariamente, também está relacionada com a preservação do estado de aeração e hidratação dos sistemas radiculares.

Entretanto, vários fatores não-pedológicos influenciam os processos de transferência de ar e água entre a atmosfera e a rizosfera. Aí incluídos estão os fatores climáticos e fitológicos (Hillel, 1980a; Reichardt, 1990). Tudo que influencia as taxas de evapotranspiração e de respiração do sistema radicular afeta, de certa forma, a eficiência dos processos de troca de ar e água dentro dos vazios do solo. Dentre os fatores supracitados, destacam-se: chuva, radiação solar, temperatura (atmosférica e do solo), vento, umidade do ar, morfologia e natureza vegetais (aérea e subterrânea), etc. Um solo que tenha estrutura física adequada para o desenvolvimento de certo cultivo em dado clima pode não ser propício para outra cultura, ou para a mesma cultura num clima distinto, razão por que a adequação dos terrenos quanto à dotação de ar e água às raízes é uma matéria de múltiplas facetas.

Por outro lado, é senso comum que, quanto à aeração, o solo arenoso e permeável é mais adequado que o argiloso e adensado. Neste último, com

freqüência, só culturas hidrófilas podem sustentar-se em climas úmidos. Visto pelo lado da hidratação, entretanto, as areias não irrigadas, homogêneas e permeáveis, são comumente incapazes de manter qualquer vegetação que não aquelas resistentes a déficits hídricos. Dessa forma, é evidente a relevância das propriedades físico-hídrico-estruturais dos solos quanto ao suprimento de ar e água às raízes, e que, de certa forma, pode existir uma competição envolvendo as qualidades de aeração e hidratação dos terrenos para uso vegetal (já que ar e água dividem seus espaços nos vazios).

Assim sendo, visualiza-se como possível um sistema de classificação dos solos que considere algumas características estritamente pedológicas intervenientes nos processos de aeração e hidratação das raízes. Com esse enfoque, poderiam ser classificados desde os limitantes terrenos arenosos ou argilas compactas, até aqueles perfis muito aptos para, em relação ao ar e à água, armazenar, dispor para o vegetal e trocar esses dois elementos com a atmosfera, como tipicamente pode ser um solo orgânico com boa drenagem. Nessa linha de pesquisa, está o trabalho de Thomasson (1978), que propõe um sistema de classificação baseado em dois componentes volumétricos dos vazios.

A permeabilidade (ou condutividade hidráulica) é uma das grandezas pedológicas que mais diz respeito aos processos dinâmicos nos vazios do solo. A condutividade hidráulica saturada no perfil mais superficial é fortemente relacionada com a taxa de infiltração básica (Hillel, 1980a; Bouwer, 1986) e com a permeabilidade (intrínseca) dos macroporos no

perfil, já que a condutividade hidráulica não saturada decresce significativamente a partir da saturação (normalmente o decréscimo tendo magnitude de ordens de grandeza), com a diminuição do potencial matricial e do tamanho dos poros que retêm água, principalmente na faixa de pressão logo abaixo da pressão de entrada de ar (Hillel, 1980b). A taxa de infiltração básica, portanto, além de ser grandeza que tem a ver com as taxas reais de infiltração e de escoamento superficial (daí estando relacionada com os processos erosivos), pode também ser vista como medida relativa, parcial, da permeabilidade de ar nos macroporos.

Igualmente relacionado com a permeabilidade dos macroporos é o importante processo da drenagem interna a partir do umedecimento pleno por inundação do terreno, ou seja, a partir da saturação ou da quase saturação do perfil. Um perfil bem drenado internamente garante, regra geral, boa aeração ao sistema radicular, pois, se forem volumosos os macroporos com ar, o processo de difusão de gases no solo é facilitado. Além disso, se tais macroporos também forem permeáveis, a convecção do ar é majorada. Portanto, como ambos os processos devem ser levados em conta quando se investiga a transferência de gases nos poros (Hillel, 1980b), tanto a permeabilidade do solo quanto a quantidade de água que sai do perfil durante o processo de drenagem interna são grandezas que devem ser consideradas quando se investiga o caráter aerador dos solos.

Quanto à drenagem interna, a quantidade de água que drena desde a saturação do perfil até à capacidade de campo do solo é chamada de porosidade drenável, porosidade livre ou capacidade de ar (Hillel, 1980b; Cruciani, 1983). Outros autores (Archer & Smith, 1972; Thomasson, 1978) denominaram capacidade de ar a diferença entre a porosidade total e a umidade em certo nível de tensão (a 60 ou 50 cm de coluna d'água, normalmente), devendo, porém, tal conceituação ser evitada, uma vez que o processo de drenagem interna tende a se estabilizar no campo num nível de umidade (capacidade de campo) que não coincide com nenhuma tensão de água constante (Salter & Williams, 1965a; Reichardt, 1988; Fabian & Ottoni Filho, 2000). Assim, a capacidade de campo deve, preferencialmente, ser determinada "in situ", pois depende, além da seqüenciação dos horizontes, da lâmina d'água aplicada e da umidade inicial no perfil (Hillel, 1980a; Cassel & Nielsen, 1986; Fabian & Ottoni Filho, 2000).

A forma corrente de avaliar o potencial hídrico do solo para uso agrícola é pela diferença entre a capacidade de campo e a umidade obtida na câmara de pressão a 1.500 kPa (ponto de murcha ou ponto de murcha permanente); novamente, aqui deve ser evitado o uso de uma tensão pré-determinada constante para definir a capacidade de campo a

partir de um teste laboratorial. Essa diferença é chamada de capacidade hídrica, capacidade de água disponível, disponibilidade hídrica ou água disponível no solo (Salter & Williams, 1965a; Bernardo, 1984; Reichardt, 1990). A crítica que se faz a esse conceito é que não se leva em conta a distribuição do sistema radicular, e que é possível a tensão de água na base das raízes estar bem abaixo de 1.500 kPa (até próxima da tensão na capacidade de campo) e, ainda assim, a planta apresentar severo estresse hídrico (Boedt & Verheye, 1985; Cassel & Nielsen, 1986). Além disso, o conceito de água disponível é puramente volumétrico, não se considerando a distribuição da condutividade hidráulica não saturada no perfil.

O objetivo deste trabalho foi definir um sistema de classificação físico-hídrica dos solos, a partir da capacidade de aeração e de hidratação dos perfis, independentemente da planta e das condições climatológicas. Justifica-se esta simplificação, uma vez que se pretende utilizar um método estritamente pedológico e não se pretende avaliar a aptidão agrícola dos solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de classificação proposto baseia-se nas seis seguintes propriedades: DP- densidade das partículas; DS- densidade do solo; PT- porosidade total; CC- capacidade de campo volumétrica; PM- ponto de murcha volumétrico; VIB- velocidade de infiltração básica. De fato, duas classificações são propostas para determinado solo: (1) Com DP, DS, PT, CC e PM determinados para 70 cm de profundidade do perfil, definindo a "Classificação-Padrão" do solo; (2) Com DP, DS, PT, CC e PM determinados para 30 cm de profundidade do perfil, definindo a "Classificação de Superfície" do solo. O interesse desta última seria para os casos relativos a cultivos com zona radicular rasa, - com no máximo 40 cm de profundidade -, pois a parte mais ativa das raízes estaria explorando os primeiros 30 cm do terreno.

O método de determinação das cinco propriedades acima deve ser padronizado. Sugerem-se os seguintes métodos (EMBRAPA, 1997): densidade das partículas (método do picnômetro); densidade do solo (método do anel volumétrico); porosidade total (a partir de DP e DS); ponto de murcha (método da câmara de pressão, com amostras indeformadas). Quanto aos métodos de campo, sugerem-se (EMBRAPA, 1979): capacidade de campo (método "in situ", em tabuleiros de inundação); velocidade de infiltração básica (método do infiltrômetro de duplo anel).

Quando a profundidade  $h$  até o lençol freático e, ou, a profundidade  $H$  até a transição para o horizonte  $R$  forem inferiores a 70 cm, as grandezas do

parágrafo anterior (exceto a VIB) devem ser medidas até  $L1 = \min(h, H)$  - para a Classificação-Padrão -, ou até  $L2 = \min(h, H, 30 \text{ cm})$  - para a Classificação de Superfície.

Com vistas em padronizar o método “in situ” de determinação de CC, sugere-se (Hillel, 1980a; Cassel & Nielsen, 1986) que a inundação seja no período mais seco do ano, com uma lâmina de água aplicada, visando à saturação de 70 cm de comprimento do perfil (ou L1, se for o caso do parágrafo anterior). Com o mesmo propósito padronizador, recomenda-se também (Cassel & Nielsen, 1986) que a CC em qualquer profundidade seja a umidade num instante pré-fixado, 48 h após o término da infiltração, um tempo classicamente adotado (Hillel, 1980a). Justifica-se o pragmatismo desta última observação pelo fato de ser a drenagem interna no experimento “in situ” (sem evapotranspiração) um processo muito distinto da drenagem interna de interesse, esta com a complexa influência da extração hídrica radicular, que deve reduzir, em quantidades que dependem também da planta e do clima, as taxas de percolação profunda, em relação ao experimento de CC.

O sistema de classificação considera as médias  $\bar{X}$  das variáveis X (X = PT, CC ou PM), ao longo do perfil de solo com comprimento  $L = 70 \text{ cm}$  (ou  $L = L1$ ) - para a Classificação-Padrão -, e  $L = 30 \text{ cm}$  (ou  $L = L2$ ) - para a Classificação de Superfície:

$$\bar{X} = (1/L) \int_0^L X \, dz. \quad (1)$$

A partir daí, as seguintes médias são definidas:

$$\bar{A} = \bar{PT} - \bar{CC} \quad (2)$$

$$\bar{W} = \bar{CC} - \bar{PM} \quad (3)$$

$$\bar{VE} = (1 - \bar{PT}) + \bar{PM} \quad (4)$$

sendo estas designadas, respectivamente, como ar disponível, água disponível e volume estático médio no perfil. De fato,  $\bar{A}$  exprime uma quantidade-padrão “mínima” de ar, e  $\bar{W}$  uma quantidade-padrão “máxima” de água, disponíveis ao vegetal no perfil considerado de solo, no período entre molhamentos sucessivos do terreno. Durante a maior parte desse período, espera-se que o perfil retenha uma fração volumétrica de ar maior do que  $\bar{A}$  e uma fração volumétrica de água (acima do ponto de murcha) menor do que  $\bar{W}$ . Obviamente, as equações (2) a (4), escritas para as médias no perfil, são também válidas pontualmente. A variável VE pode ser considerada como o volume fracionário-padrão de solo, que não engloba os volumes transferíveis de ar e água (caso se assuma o ponto de murcha como um “volume morto” de água). Contrariamente,  $VD = (A + W)$  engloba os volumes passíveis de transferência nos vazios, sendo por isso aqui designado como volume dinâmico do solo. Sugere-se ainda, visando a padronização, que a integral da equação 1 - a lâmina d’água no perfil para a variável X - seja aproximada por:

$$D_x = \int_0^L X \, dz \cong \sum_{i=1}^N \Delta z_i X_i \quad (5)$$

em que  $X_i$  é o valor considerado para a variável X em cada uma das N faixas de profundidade  $\Delta z_i$ , dentro do perfil ( $\sum_{i=1}^N \Delta z_i = L$ ).

Como

$$\bar{A} + \bar{W} + \bar{VE} = 1 \quad (6)$$

determinado solo corresponderá sempre a um ponto num triângulo de representação gráfica cujos lados forem as escalas de A, W e VE. Essa figura será designada como “triângulo das disponibilidades de ar e água no solo” (Figura 1). Como normalmente  $VE > 0,50 = 50 \%$ , as escalas de A e W são representadas apenas na faixa de 0-50 %.

Os solos são classificados a partir de classes de disponibilidade de ar e água. Tais classes correspondem a nove subáreas específicas no triângulo da figura 1, sendo definidas a partir das combinações possíveis envolvendo três faixas de variação (baixa, média e alta) nas escalas de A e de W. De acordo com o Bureau of Reclamation (USA, 1953), consideram-se as seguintes faixas para água disponível: baixa ( $W < 6 \%$ ); média ( $6 \leq W \leq 12 \%$ ); alta ( $W > 12 \%$ ). Relativamente ao ar disponível, definem-se as faixas: baixa ( $A < 10 \%$ ); média ( $10 \leq A \leq 20 \%$ ); alta ( $A > 20 \%$ ). Diversos autores (Archer & Smith, 1972; Hillel, 1980b) sugerem o limite de 10 % para o valor de A abaixo do qual podem ser esperadas restrições de aeração às raízes. Por outro lado, solos muito agregados tipicamente exibem capacidade de ar acima de 20 % (Hillel, 1980b). De qualquer forma, reconhece-se que essa definição de faixas para A e W é arbitrária, não devendo ser utilizada para compor regras gerais de aptidão agrícola.

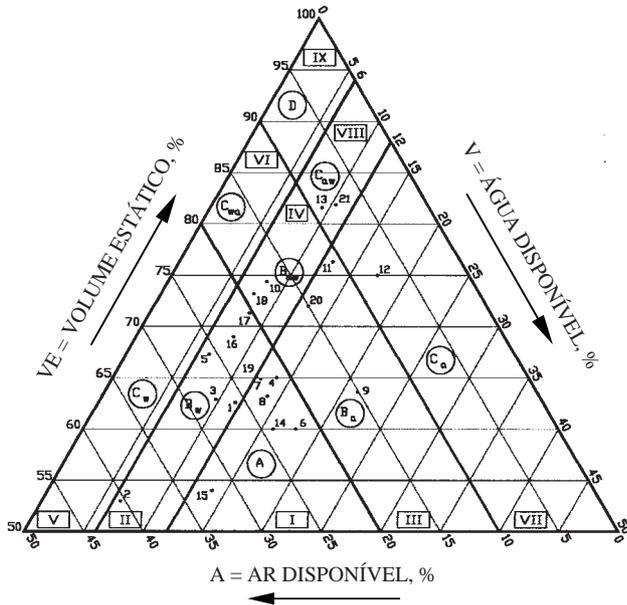
Logo, há nove classes de disponibilidade de ar e água - A; B<sub>w</sub>; B<sub>a</sub>; B<sub>aw</sub>; C<sub>w</sub>; C<sub>wa</sub>; C<sub>a</sub>; C<sub>aw</sub>; D - em cada um dos dois sistemas de classificação propostos (padrão e de superfície), como definidos na figura 1 e quadro 1. As três classes centrais são A, B<sub>aw</sub> e D, correspondentes aos terrenos com ambos ar e água disponíveis, tendo valores altos, médios e baixos, respectivamente. Os subscritos (a, w) das classes tipo B indicam valores médios na variável respectiva (A, W). Os primeiros subscritos nas classes tipo C indicam valores baixos na variável correspondente, e os segundos subscritos indicam valores médios. Falta de subscrito em B e C indica faixa de variação alta na variável correspondente. As ordens de disponibilidade de I a IX (Figura 1 e Quadro 1) enumeram os solos segundo uma ordenação decrescente nos volumes de ar e de água disponíveis e priorizam a importância do ar em relação à água. Tais ordens de disponibilidade servem de base para a definição das ordens de solo do sistema.

As ordens e as classes de solo pretendem explicitar a natureza hidratadora e de aeração dos perfis. Quanto à hidratação, assume-se que seja suficiente considerar as faixas de variação de W. Em relação ao caráter aerador, consideram-se as faixas de variação de A e da VIB, já que a velocidade de infiltração básica exprime parcialmente a permeabilidade de ar nos macroporos. Definem-se, seguindo aproximadamente a classificação de Klute (1965), as seguintes faixas de variação para a VIB: baixa ( $VIB < 2,0 \text{ cm h}^{-1}$ ); média ( $2,0 \leq VIB \leq$

$12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ); alta ( $VIB > 12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ). As três faixas de variação da aeração do solo são definidas (Quadro 2) por meio das diversas combinações possíveis entre as faixas de A e da VIB. Como referência, uma VIB média mantém o status (baixo, médio ou alto) de A como o status de aeração; por exemplo, um perfil de baixo A e média VIB será considerado de baixa aeração. Entretanto, uma baixa VIB rebaixa o status de A (se for possível, ou seja, se A for média ou alta) para definir o status de aeração, enquanto uma alta VIB promove o status de A (se for possível, ou seja, se A for baixa ou média). Dessa forma, o sistema torna impossível um solo rápido e permeável (com alta VIB) ser classificado como de baixa aeração; da mesma forma não é possível um perfil de baixa VIB ser classificado como de alta aeração.

Portanto, o sistema prevê 27 classes principais de solo (Quadro 2). Se um terreno for de média VIB, as nove classes possíveis têm a mesma notação das classes de disponibilidade de ar e água, sendo representadas na figura 2a. Se o perfil for de baixa ou de alta VIB, as nove classes correspondentes de cada caso (Figura 2b ou 2c) recebem em sua notação o sobrescrito - ou +, respectivamente. Os triângulos da figura 2 serão designados como “triângulos de classificação físico-hídrica dos solos”.

As combinações possíveis entre as faixas de variação da aeração e da água disponível definem as nove seguintes ordens principais de solos do sistema, cada uma com três classes (Quadro 2 e Figura 2): solos aerado-aquíferos (I); solos aerado-mesaquíferos (II); solos mesaerado-aquíferos (III); solos mesaerado-mesaquíferos (IV); solos aerado-aquícludos (V), solos mesaerado-aquícludos (VI); solos anaerado-aquíferos (VII); solos anaerado-mesaquíferos (VIII); solos anaerado-aquícludos (IX). Uma última ordem é possível, a ordem dos solos alagados (ordem X), com uma única classe de solo



**Figura 1. Triângulo da disponibilidade de ar e água no solo. No triângulo, acham-se representados perfis (com 30 cm de profundidade) de 21 solos diversos, com as classes texturais variando de areia (menor numeração) a solos muito argilosos (maior numeração).**

**Quadro 1. Definição das classes de disponibilidade de ar e água**

Classificação quanto à disponibilidade de ar e água	Ar disponível	Água disponível	Classe de disponibilidade de ar e água	Ordem de disponibilidade de ar e água
Solos com baixa restrição	alto <sup>(1)</sup>	alta <sup>(4)</sup>	A	I
Solos com média restrição	alto	média <sup>(5)</sup>	B <sub>w</sub>	II
	médio <sup>(2)</sup>	alta	B <sub>a</sub>	III
	médio	média	B <sub>aw</sub>	IV
Solos com alta restrição	alto	baixa <sup>(6)</sup>	C <sub>w</sub>	V
	médio	baixa	C <sub>wa</sub>	VI
	baixo <sup>(3)</sup>	alta	C <sub>a</sub>	VII
	baixo	média	C <sub>aw</sub>	VIII
	baixo	baixa	D	IX

(1) A > 20 %. (2) 10 ≤ A ≤ 20 %. (3) A < 10 %. (4) W > 12 %. (5) 6 ≤ W ≤ 12 %. (6) W < 6 %.

**Quadro 2. Classificação físico-hídrica dos solos: definição das ordens e classes de solo**

Classificação quanto à aeração e disponibilidade de água	Ar disponível	VIB <sup>(1)</sup>	Aeração	Água disponível	Classe de solo	Ordem de solo e nomenclatura
Solos com baixa restrição	alto	alta <sup>(2)</sup>	alta	alta	A <sup>+(5)</sup> A <sup>(6)</sup> B <sub>a</sub> <sup>+</sup>	I solos aerado- -aqüíferos
	alto	média <sup>(3)</sup>				
Solos com média restrição	alto	alta	alta	média	B <sub>w</sub> <sup>+</sup> B <sub>w</sub> B <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	II solos aerado- -mesaqüíferos
	alto	média				
	médio	alta	média	alta	A <sup>-(7)</sup> B <sub>a</sub> C <sub>a</sub> <sup>+</sup>	III solos mesaerado- -aqüíferos
Solos com alta restrição	alto	baixa <sup>(4)</sup>	média	média	B <sub>w</sub> <sup>-</sup> B <sub>aw</sub> C <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	IV solos mesaerado- -mesaqüíferos
	médio	média				
	baixo	alta	baixa	C <sub>w</sub> <sup>+</sup> C <sub>w</sub> C <sub>wa</sub> <sup>+</sup>	V solos aerado- -aqüicludos	
	alto	baixa	média	baixa	C <sub>w</sub> <sup>-</sup> C <sub>wa</sub> D <sup>+</sup>	VI solos mesaerado- -aqüicludos
	médio	média	baixa	alta	B <sub>a</sub> <sup>-</sup> C <sub>a</sub> C <sub>a</sub> <sup>-</sup>	VII solos anaerado- -aqüíferos
médio	baixa	baixa	média	B <sub>aw</sub> <sup>-</sup> C <sub>aw</sub> C <sub>aw</sub> <sup>-</sup>	VIII solos anaerado- -mesaqüíferos	
médio	baixa	baixa	baixa	C <sub>wa</sub> <sup>-</sup> D <sup>-</sup>	IX solos anaerado- -aqüicludos	
	baixo	baixa		E	X solos alagados <sup>(8)</sup>	

<sup>(1)</sup> VIB é a velocidade de infiltração básica. <sup>(2)</sup> VIB > 12,5 cm h<sup>-1</sup>. <sup>(3)</sup> 2,0 ≤ VIB ≤ 12,5 cm h<sup>-1</sup>. <sup>(4)</sup> VIB < 2,0 cm h<sup>-1</sup>. <sup>(5)</sup> Classe com sobrescrito + indica alta VIB. <sup>(6)</sup> Classe sem sobrescrito indica média VIB. <sup>(7)</sup> Classe com sobrescrito - indica baixa VIB. <sup>(8)</sup> Solos que se alagam por mais de 8 meses durante um ano hidrológicamente normal.

(classe E). Esta classe corresponde aos terrenos que se alagam por mais de oito meses durante um ano hidrológicamente normal.

Dessa forma, duas classificações físico-hídricas são previstas para determinado terreno - Classificação-Padrão e Classificação de Superfície -, cada uma englobando 10 ordens e 28 classes possíveis de solos. Se o terreno for homogêneo relativamente às suas propriedades físico-hídricas no perfil, suas duas classificações serão coincidentes.

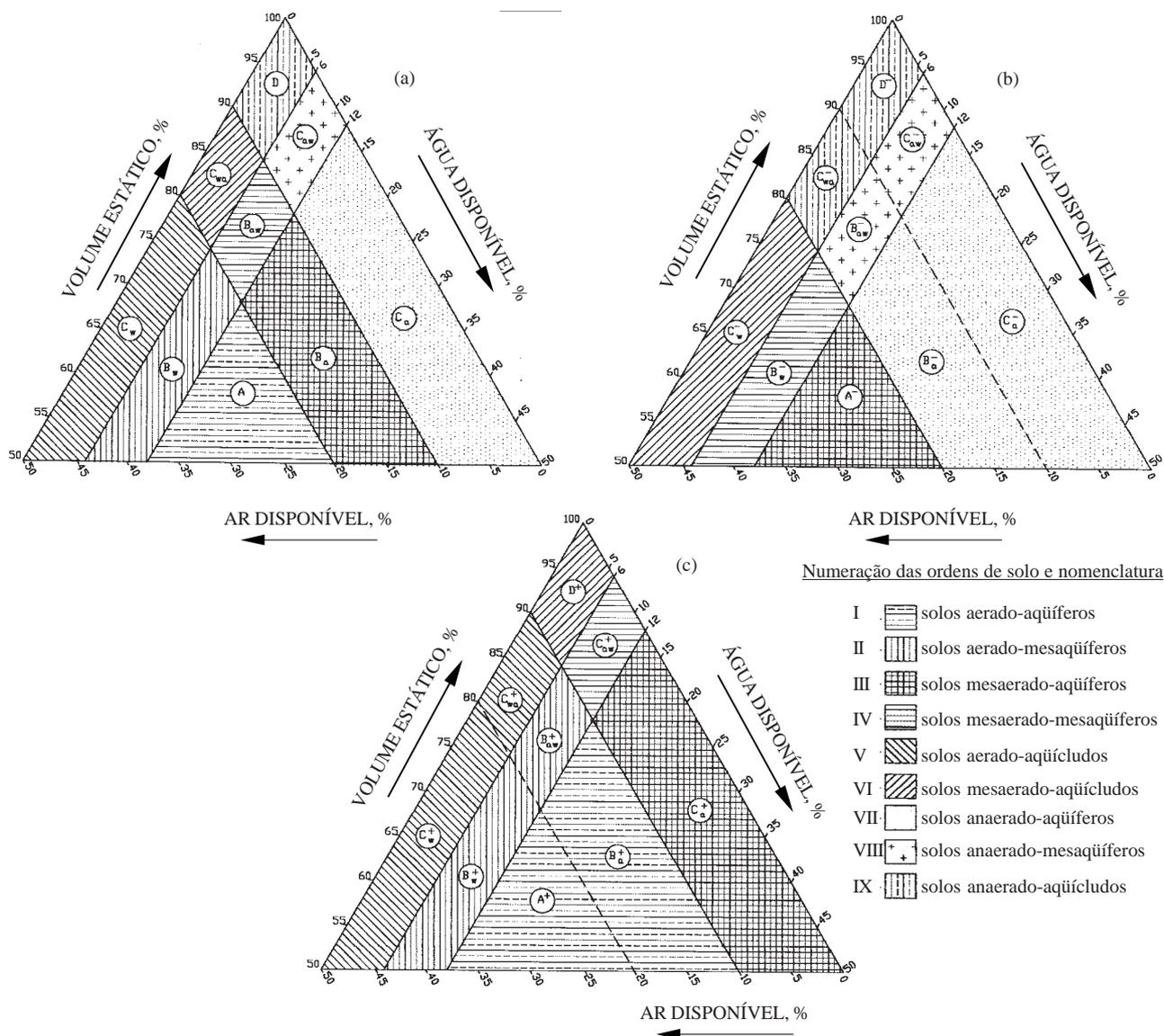
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Classes de disponibilidade de ar e água

Os dados médios no perfil com 30 cm de profundidade para 21 solos da literatura acham-se

indicados no quadro 3. As classes texturais representadas vão da areia à classe muito argilosa. Com uma única exceção, as classes siltosas não são cobertas. Nas referências bibliográficas do quadro 3, os métodos de determinação de DS, DP, PT, CC e PM foram sugeridos no "Material e Métodos"; as exceções são os solos do trabalho de Salter & Williams (1965b), em que DP foi assumida igual a 2,65 g cm<sup>-3</sup> e PM foi determinada pelo método do girassol (Salter & Haworth, 1961).

Com exceção das classes com baixo teor de água disponível (C<sub>w</sub>, C<sub>wa</sub> e D), as demais classes de disponibilidade de ar e água têm representantes entre os 21 solos do quadro 3, que são indicados na figura 1. Percebem-se solos de classe A entre as areias/areias francas (perfis mistos), areias francas, solos franco-argilo-siltosos e franco-argilosos. Por outro lado, um material muito argiloso pode ser classificado tanto como um solo C<sub>aw</sub> (solo 21), com alta restrição em ar disponível (A < 10 %), quanto



**Figura 2. Triângulo de classificação físico-hídrica dos solos: (a) solos de média permeabilidade ( $2,0 \leq VIB \leq 12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ), (b) solos de baixa permeabilidade ( $VIB < 2,0 \text{ cm h}^{-1}$ ), (c) solos de alta permeabilidade ( $VIB > 12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ). São mostradas as nove ordens principais de solos (solos não alagados), com a indicação de suas 27 classes. A ordem X dos solos alagados, com sua única classe E, não é indicada.**

como um  $B_w$  (solo 19), de baixa restrição em A ( $A > 20\%$ ). Portanto, vê-se que não há biunidade entre as classes texturais e as classes de disponibilidade de ar e água. Outra prova deste fato é a localização praticamente idêntica na figura 1 dos solos 4 (areia/areia franca) e 19 (solo muito argiloso), ou dos solos 5 (areia franca/areia) e 16 (argila).

No entanto, entre os 21 perfis selecionados nota-se que as areias e as areias francas sempre apresentaram alto teor de ar disponível, pois corresponderam sempre às classes A ou  $B_w$ , o que indica que os perfis muito arenosos tendem a não limitar a produção vegetal no que diz respeito a problemas de aeração, o que é usualmente esperado.

Por outro lado, areias francas, ou mesmo perfis mistos de areias/areias francas, podem ter alto teor de água disponível ( $W > 12\%$ ) nos horizontes superficiais (solos 4, 6, 7 e 8), possivelmente pela influência da matéria orgânica.

Os solos que estiverem junto ao vértice superior do triângulo da figura 1 (classe D) são aqueles de baixa drenagem interna e disponibilidade de água, equivalentes às argilas compactas típicas. Na outra ponta, ao lado do vértice inferior esquerdo, deve-se reunir os solos equivalentes (em termos físico-hídricos) às areias homogêneas bem drenadas (classe  $C_w$ ). É praticamente o caso da areia do perfil 2.

**Quadro 3. Classes texturais e classes de disponibilidade de ar e água em 21 solos, para perfis com 30 cm de profundidade**

Nº do solo <sup>(1)</sup>	Referência	Densidade		Fração volumétrica no solo						Classe textural	Classe de disponibilidade de ar e água
		DS	DP	PT	CC	PM	A	W	VE		
		— g cm <sup>-3</sup> —		— % —							
1	Choudhury & Millar (1981)	1,62	2,72	40,4	14,5	3,0	25,9	11,5	62,6	areia	B <sub>w</sub>
2	Salter & Williams (1965b) <sup>(2)</sup>	1,34	2,65	49,4	9,0	2,4	40,4	6,6	53,0	areia	B <sub>w</sub>
3	Salter & Williams (1965b)	1,56	2,65	41,1	13,7	4,0	27,4	9,7	62,9	areia/areia franca <sup>(3)</sup>	B <sub>w</sub>
4	Oliveira & Melo (1971)	1,56	2,65	41,1	19,9	6,1	21,2	13,8	65,0	areia/areia franca	A
5	Macedo et al. (1998)	1,72	2,70	36,0	10,3	3,3	25,7	7,0	67,3	areia franca/areia	B <sub>w</sub>
6	Salter & Williams (1965b)	1,40	2,65	47,2	25,1	7,2	22,1	17,9	60,0	areia franca	A
7	Choudhury & Millar (1981)	1,65	2,76	40,2	17,6	5,1	22,6	12,5	64,9	areia franca	A
8	Choudhury & Millar (1981)	1,61	2,76	41,7	18,8	4,9	22,9	13,9	63,2	areia franca	A
9	Salter & Williams (1965b)	1,34	2,65	49,4	34,3	13,0	15,1	21,3	63,6	franco arenosa	B <sub>a</sub>
10	Fabian & Ottoni Filho (2000)	1,72	2,64	34,3	17,0	8,7	17,3	8,3	74,4	franco arenosa	B <sub>aw</sub>
11	Macedo et al. (1998)	1,73	2,66	34,7	24,0	11,0	10,7	13,0	76,3	franco argilo arenosa	B <sub>a</sub>
12	Macedo et al. (1998)	1,64	2,64	37,7	30,0	12,7	7,7	17,3	75,0	franco argilo arenosa	C <sub>a</sub>
13	Macedo et al. (1998)	1,64	2,59	36,7	27,7	18,3	9,0	9,4	81,6	franco argilo arenosa	C <sub>aw</sub>
14	Salter & Williams (1965b)	1,10	2,65	58,5	34,5	18,5	24,0	16,0	60,0	franco argilo siltosa	A
15	Salter & Williams (1965b)	1,00	2,65	62,3	30,1	16,3	32,2	13,8	54,0	franco argilosa	A
16	Araújo Filho (1992)	1,26	2,57	51,0	28,0	20,0	23,0	8,0	69,0	argila	B <sub>w</sub>
17	Araújo Filho (1992)	1,34	2,59	48,0	27,7	19,3	20,3	8,4	71,3	argila	B <sub>w</sub>
18	Araújo Filho (1992)	1,29	2,59	50,3	31,3	23,5	19,0	7,8	73,2	muito argilosa	B <sub>aw</sub>
19	Araújo Filho (1992)	1,17	2,63	55,5	32,7	20,7	22,8	12,0	65,2	muito argilosa	B <sub>w</sub>
20	Freire (1979)	1,20	2,45	51,0	36,0	23,0	15,0	13,0	72,0	muito argilosa	B <sub>a</sub>
21	Medina & Oliveira (1987)	1,17	2,58	54,7	47,0	36,6	7,7	10,4	81,9	muito argilosa	C <sub>aw</sub>

<sup>(1)</sup> Solos numerados segundo uma ordenação de classes texturais de baixo a alto teor de argila. <sup>(2)</sup> Para os solos deste trabalho, a densidade de partículas foi assumida como 2,65 g cm<sup>-3</sup> (solo mineral); o ponto de murcha foi determinado pelo método do girassol. <sup>(3)</sup> Areia sobre areia franca no perfil.

### Ordens e classes físico-hídricas

Dez dos 21 solos do quadro 3 foram selecionados para ilustrar o sistema de classificação proposto. Seus dados físicos relevantes para a aplicação do método encontram-se no quadro 4. Os resultados da integração das propriedades físico-hídricas no perfil são apresentados no quadro 5, levando-se em conta as profundidades do Sistema-Padrão (L = 70 cm) e do Sistema de Superfície (L = 30 cm). Assim, as duas linhas de dados apresentados abaixo de cada solo (Quadro 5) são as que determinaram a classificação físico-hídrica dos mesmos; tais informações foram obtidas a partir das equações (1) a (5) aplicadas aos dados do quadro 4. Deve-se citar, entretanto, que a Classificação-Padrão dos Argissolos Vermelho-Amarelos do quadro 5 é apenas aproximada, pois foi feita a partir dos dados do perfil com 50 cm de profundidade, em vez de 70 cm.

Os solos 7 e 8 são Latossolos Amarelos representativos da região do Projeto de Irrigação Bebedouro (PE). Constituem-se em materiais de textura leve na superfície, de areia a franco-arenosa, mas com teor de argila crescente ao longo do perfil, chegando a texturas franco-argilo-arenosas (Choudhury & Millar, 1981). Tal granulometria arenosa deve contribuir para os altos valores de ar disponível (A > 20 %) dos seus perfis. A água

disponível desses terrenos é de média a alta (W ≅ 12 %). Entretanto, pouco esperadas são as baixas taxas de infiltração básica (VIB < 2,0 cm h<sup>-1</sup>) de tais solos, cujas causas não são relatadas por Choudhury & Millar (1981), mas que podem ser devidas a manejo inadequado dos terrenos, especialmente levando-se em conta a sua irrigação.

Portanto, segundo o quadro 2 ou figura 2b, os solos 7 e 8 são classificados como B<sub>w</sub>/A<sub>w</sub>, com a regra de que antes da barra deve vir a classe da Classificação-Padrão, a mesma regra valendo para os nomes das ordens correspondentes (no caso, mesaerado-mesaquífero/mesaerado-aquífero), que seguem a notação das classes. Quando as duas classificações (padrão e de superfície) são coincidentes, como acontece com outros solos do quadro 5, evita-se a repetição das classes ou dos nomes das ordens. Ao fim da nomeação da ordem, encerra-se a classificação, utilizando um dos adjetivos seguintes, que indicam, segundo o critério de Klute (1965), as classes de permeabilidade dos solos: muito lento (VIB < 0,125 cm h<sup>-1</sup>); lento (0,125 ≤ VIB < 0,5 cm h<sup>-1</sup>); moderadamente lento (0,5 ≤ VIB < 2,0 cm h<sup>-1</sup>); moderado (2,0 ≤ VIB < 6,25 cm h<sup>-1</sup>); moderadamente rápido (6,25 ≤ VIB ≤ 12,5 cm h<sup>-1</sup>); rápido (12,5 < VIB ≤ 25 cm h<sup>-1</sup>); muito rápido (VIB > 25 cm h<sup>-1</sup>). Assim, os Latossolos Amarelos 7 e 8 são, ambos, moderadamente lentos.

**Quadro 4. Dados físico-hídricos de 10 solos**

Profundidade	Granulometria			Densidade		Fração volumétrica no solo			Infiltração
	Areia	Silte	Argila	DS	DP	PT	CC	PM	
cm	%			g cm <sup>-3</sup>		%			cm h <sup>-1</sup>
Solo 7 <sup>(1)</sup> : Latossolo Amarelo, de Petrolina/PE (Choudhury & Millar, 1981)									
0-30	85	7	8	1,65	2,76 <sup>(2)</sup>	40,2	17,6	5,1	1,7
30-60	76	8	16	1,61	2,76	41,7	18,7	8,5	
60-90	71	7	22	1,62	2,76	41,3	22,4	8,7	
90-122	71	7	22	1,62	2,76	41,3	22,4	8,7	
Solo 8: Latossolo Amarelo, de Petrolina/PE (Choudhury & Millar, 1981)									
0-30	83	7	10	1,61	2,76	41,7	18,8	4,9	0,75
30-60	67	11	22	1,68	2,76	39,1	20,0	8,9	
60-90	61	15	24	1,62	2,80	42,1	18,4	9,5	
90-122	68	7	25	1,62	2,80	42,1	18,4	10,0	
Solo 5: Argissolo Vermelho-Amarelo, de Seropédica/RJ (Macedo et al., 1998)									
0-15	86	7	7	1,71	2,71	36,9	9,9	4,2	6,3 <sup>(3)</sup>
15-30	90	5	5	1,73	2,68	35,4	10,9	2,7	
30-50	88	8	4	1,83	2,72	32,7	11,3	1,8	
Solo 11: Argissolo Vermelho-Amarelo, de Seropédica/RJ (Macedo et al., 1998)									
0-15	71	10	19	1,76	2,64	33,3	22,0	9,5	7,5 <sup>(3)</sup>
15-30	60	7	33	1,71	2,68	36,2	25,7	12,7	
30-50	51	8	41	1,68	2,64	36,4	32,0	14,8	
Solo 12: Argissolo Vermelho-Amarelo, de Seropédica/RJ (Macedo et al., 1998)									
0-15	63	9	28	1,62	2,64	38,6	30,9	13,5	13,4 <sup>(3)</sup>
15-30	62	9	29	1,67	2,64	36,5	29,1	11,9	
30-50	58	8	34	1,60	2,68	40,3	28,8	11,7	
Solo 13: Argissolo Vermelho-Amarelo, de Seropédica/RJ (Macedo et al., 1998)									
0-15	65	13	22	1,63	2,60	37,3	26,7	18,3	12,8 <sup>(3)</sup>
15-30	62	10	28	1,66	2,58	35,7	28,3	18,6	
30-50	57	8	35	1,57	2,66	41,0	30,1	20,9	
Solo 16: Cambissolo Háplico, de Irecê/BA (Araújo Filho, 1992)									
0-17	32	18	50	1,20	2,51	52,2	28,2	19,7	29,9
17-40	30	16	54	1,34	2,65	49,4	28,0	20,5	
40-90	26	17	57	1,39	2,68	48,1	27,6	21,3	
90-150	23	27	50	1,53	2,70	43,3	-	24,1	
Solo 17: Cambissolo Háplico, de Irecê/BA (Araújo Filho, 1992)									
0-14	41	17	42	1,29	2,56	49,6	28,4	19,0	33,4
14-40	35	16	49	1,39	2,61	46,7	27,3	19,7	
40-75	31	18	51	1,45	2,67	45,7	26,5	18,9	
75-120	33	14	53	1,48	2,72	45,6	26,8	20,3	
120-140	31	23	46	1,46	2,70	45,9	-	20,6	
Solo 18: Cambissolo Háplico, de Irecê/BA (Araújo Filho, 1992)									
0-15	12	20	68	1,14	2,50	54,4	29,4	22,6	26,1
15-40	13	20	67	1,44	2,68	46,3	33,3	24,4	
40-80	9	19	72	1,43	2,70	47,0	33,9	25,6	
80-135	5	29	66	1,47	2,74	46,4	-	25,4	
135-205	7	28	65	-	2,74	-	-	28,1	
Solo 19: Cambissolo Háplico, de Irecê/BA (Araújo Filho, 1992)									
0-12	12	21	67	1,08	2,56	57,8	34,1	20,4	26,3
12-40	11	15	74	1,23	2,67	53,9	31,7	20,9	
40-90	11	19	70	1,42	2,70	47,4	34,5	22,7	
90-170	9	23	68	1,54	2,74	43,8	-	24,8	

<sup>(1)</sup> Solo 7 do quadro 3. <sup>(2)</sup> DP foi assumida como 2,76 g cm<sup>-3</sup> (constante) para o solo 7, pois DP situava-se muito próximo desse valor para outros Latossolos Amarelos da área. <sup>(3)</sup> VIB foi determinada pelo autor do presente trabalho, em 1998, utilizando o método do duplo anel, com três repetições.

**Quadro 5. Classificação físico-hídrica de 10 solos. Em cada solo, a primeira linha de dados diz respeito à Classificação-Padrão, enquanto a segunda se refere à Classificação de Superfície**

Profundidade	Lâmina d'água			Fração volumétrica no solo						Infiltração VIB	Classe de solo	Ordem de solo
	D <sub>PT</sub>	D <sub>CC</sub>	D <sub>PM</sub>	PT	CC	PM	A	W	VE			
	cm			%						cm h <sup>-1</sup>		
Solo 7 <sup>(1)</sup> : Latossolo Amarelo B <sub>w</sub> /A <sup>-</sup> mesaerado-mesaquífero/mesaerado-aquífero moderadamente lento												
0-70	28,7	13,2	4,9	41,0	18,9	7,0	22,1	11,9	66,0	1,7	B <sub>w</sub> <sup>-</sup>	IV
0-30	12,1	5,3	1,5	40,2	17,6	5,1	22,6	12,5	64,9	1,7	A <sup>-</sup>	III
Solo 8: Latossolo Amarelo B <sub>w</sub> /A <sup>-</sup> mesaerado-mesaquífero/mesaerado-aquífero moderadamente lento												
0-70	28,4	13,4	5,1	40,6	19,1	7,3	21,5	11,8	66,7	0,75	B <sub>w</sub> <sup>-</sup>	IV
0-30	12,5	5,6	1,5	41,7	18,8	4,9	22,9	13,9	63,2	0,75	A <sup>-</sup>	III
Solo 5: Argissolo Vermelho-Amarelo B <sub>w</sub> aerado-mesaquífero moderadamente rápido												
0-50 <sup>(2)</sup>	17,4	5,4	1,4	34,8	10,8	2,8	24,0	8,0	68,0	6,3	B <sub>w</sub>	II
0-30	10,8	3,1	1,0	36,0	10,3	3,3	25,7	7,0	67,3	6,3	B <sub>w</sub>	II
Solo 11: Argissolo Vermelho-Amarelo C <sub>a</sub> /B <sub>a</sub> anaerado-aquífero/mesaerado-aquífero moderadamente rápido												
0-50 <sup>(2)</sup>	17,7	13,6	6,3	35,4	27,2	12,6	8,2	14,6	77,2	7,5	C <sub>a</sub>	VII
0-30	10,4	7,2	3,3	34,7	24,0	11,0	10,7	13,0	76,3	7,5	B <sub>a</sub>	III
Solo 12: Argissolo Vermelho-Amarelo C <sub>a</sub> <sup>+</sup> mesaerado-aquífero rápido												
0-50 <sup>(2)</sup>	19,3	14,8	6,1	38,8	29,6	12,2	9,2	17,4	73,4	13,4	C <sub>a</sub> <sup>+</sup>	III
0-30	11,3	9,0	3,8	37,7	30,0	12,7	7,7	17,3	75,0	13,4	C <sub>a</sub> <sup>+</sup>	III
Solo 13: Argissolo Vermelho-Amarelo C <sub>aw</sub> <sup>+</sup> mesaerado-mesaquífero rápido												
0-50 <sup>(2)</sup>	19,2	14,3	9,7	38,4	28,6	19,4	9,8	9,2	81,0	12,8	C <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	IV
0-30	11,0	8,3	5,5	36,7	27,7	18,3	9,0	9,4	81,6	12,8	C <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	IV
Solo 16: Cambissolo Háplico B <sub>w</sub> <sup>+</sup> aerado-mesaquífero muito rápido												
0-70	34,7	19,5	14,5	49,6	27,9	20,7	21,7	7,2	71,1	29,9	B <sub>w</sub> <sup>+</sup>	II
0-30	15,3	8,4	6,0	51,0	28,0	20,0	23,0	8,0	69,0	29,9	B <sub>w</sub> <sup>+</sup>	II
Solo 17: Cambissolo Háplico B <sub>aw</sub> <sup>+</sup> /B <sub>w</sub> <sup>+</sup> aerado-mesaquífero muito rápido												
0-70	32,8	19,0	13,4	46,9	27,1	19,1	19,8	8,0	72,2	33,4	B <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	II
0-30	14,4	8,3	5,8	48,0	27,7	19,3	20,3	8,4	71,3	33,4	B <sub>w</sub> <sup>+</sup>	II
Solo 18: Cambissolo Háplico B <sub>aw</sub> <sup>+</sup> aerado-mesaquífero muito rápido												
0-70	33,8	22,9	17,2	48,3	32,7	24,6	15,6	8,1	76,3	26,1	B <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	II
0-30	15,1	9,4	7,1	50,3	31,3	23,5	19,0	7,8	73,2	26,1	B <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	II
Solo 19: Cambissolo Háplico B <sub>aw</sub> <sup>+</sup> /B <sub>w</sub> <sup>+</sup> aerado-mesaquífero muito rápido												
0-70	36,2	23,3	15,1	51,7	33,3	21,6	18,4	11,7	69,9	26,3	B <sub>aw</sub> <sup>+</sup>	II
0-30	16,6	9,8	6,2	55,5	32,7	20,7	22,8	12,0	65,2	26,3	B <sub>w</sub> <sup>+</sup>	II

<sup>(1)</sup> Solo 7 do quadro 4. <sup>(2)</sup> A rigor, os dados deveriam ser para o perfil com 70 cm de profundidade.

Pode-se esperar que as limitações mais marcantes de natureza físico-hídrica nos solos 7 e 8 sejam aquelas relacionadas com as suas baixas taxas de infiltração. As infiltrações, caso sejam lentas, podem eventualmente criar problemas de aeração por saturação na superfície do terreno, quando acontecem eventos prolongados ou excessivos de chuva ou de molhamento artificial (que podem também favorecer a erosão). Por outro lado, os altos valores de ar disponível indicam boa drenagem

interna dos dois perfis, o que compensa a baixa VIB desses solos, sendo por isso os perfis classificados como de média aeração.

Os solos 5, 11, 12 e 13 representam Argissolos Vermelho-Amarelos comuns na região da Baixada Fluminense (RJ). Todos têm a tendência de crescimento do teor de argila com o aprofundamento no perfil, sendo o primeiro de textura muito leve na superfície - é uma areia franca/areia até pelo menos

50 cm de profundidade -, enquanto os demais são de textura média (franco-argilo-arenosa) nessa faixa de profundidade. As velocidades de infiltração são de valores médios ( $2,0 \leq \text{VIB} \leq 12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ) e altos ( $\text{VIB} > 12,5 \text{ cm h}^{-1}$ ), correspondendo à mais baixa VIB ( $6,3 \text{ cm h}^{-1}$ ), interessantemente, ao solo de textura mais arenosa (solo 5). O sistema de classificação enquadra este último material como um terreno arenoso típico, pois ele tem alta disponibilidade de ar e média (a baixa) disponibilidade de água. Portanto, é um solo  $B_w$  (em ambas as classificações, padrão e de superfície), um perfil cuja maior limitação físico-hídrica deve ser a de hidratação. Se irrigado, tudo indica constituir-se em material de muita baixa limitação físico-hídrica.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos 12 e 13 classificam-se nas mesmas ordens dos Latossolos Amarelos 7 e 8 (III e IV), mas agrupados em classes diversas ( $C_a^+$  e  $C_{aw}^+$ , contra  $B_w^-$  e A). São solos de baixa drenagem interna ( $A < 10\%$ ), mas com alta velocidade de infiltração. Portanto, são ambos mesaerados, como os solos 7 e 8, mas por motivos diferentes daqueles. Aqui, a maior limitação físico-hídrica dos solos 12 e 13 deve estar relacionada com a baixa drenagem interna, o que pode dificultar os processos de trocas gasosas com o sistema radicular em períodos chuvosos (ou após irrigações), por difusão insuficiente ao longo dos perfis. Nota-se, por outro lado, que o solo 12 é superior ao 13 em termos de armazenamento hídrico, pois o primeiro retém quase o dobro da água disponível do segundo, já que no solo 12,  $W = 17,4\%$  (Quadro 5), sendo, daí, um solo aquífero.

O Argissolo Vermelho-Amarelo 11 apresenta, em relação aos solos 12 e 13, a mesma limitação de drenagem interna para o perfil com 50 cm ( $A < 10\%$ ), com o agravante de que sua VIB é bem menor ( $7,5 \text{ cm h}^{-1}$ ), já na faixa da VIB média, o que faz com que ele seja classificado como anaerado (classe  $C_a$ ) na Classificação-Padrão. Portanto, as chances de ocorrer problemas de aeração devem ser maiores neste solo, relativamente aos solos 12 e 13 mais permeáveis.

Os solos 16, 17, 18 e 19 são Cambissolos Háplicos argilosos (16 e 17) e muito argilosos (18 e 19), representativos da região do Baixo de Irecê (BA), terrenos muito permeáveis, relativamente homogêneos, e desenvolvidos sobre leitos calcários (Araújo Filho & Ribeiro, 1996). Sua classificação físico-hídrica é quase coincidente, entretanto, com a do solo 5 (Argissolo Vermelho-Amarelo arenoso), o que confirma a falta de correlação direta entre as classes texturais e as classes de solo deste sistema. A distinção físico-hídrica mais relevante entre tais Cambissolos e o solo 5 é a maior permeabilidade dos primeiros, que têm a VIB próxima a  $30 \text{ cm h}^{-1}$ , quase cinco vezes maior que a VIB do solo 5, que, interessantemente, é um material arenoso. Nota-se também entre os Cambissolos acima, a tendência da camada superficial (0-30 cm) reter mais ar

disponível do que o perfil com 70 cm, o que é esperado em solos homogêneos (Reichardt, 1988). Apesar de alguns perfis desses quatro solos apresentarem média a alta disponibilidade de ar ( $15 \leq A \leq 20$ ), todos eles são classificados como aerados, pela compensação da VIB alta.

Nota-se também a média disponibilidade hídrica ( $6 \leq W \leq 12\%$ ) dos Cambissolos do quadro 5, o que confirma mais uma semelhança com o perfil arenoso do solo 5. De fato, espera-se que a capacidade de água disponível, como no solo 5, deva-se constituir na limitação físico-hídrica mais marcante destes quatro solos. Entretanto, nesse sentido, o solo 19 é superior aos outros três Cambissolos, já que sua água disponível está quase no limite do solo aquífero.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deve-se enfatizar que este sistema de classificação tem como critério básico de agrupamento explicitar as capacidades de aeração e hidratação dos perfis, fazendo com que ele tenha possibilidade de aplicação agrônômica. Por outro lado, para que a classificação seja consistente, é importante que o método de determinação das propriedades envolvidas seja o máximo padronizado, especialmente no que se refere à capacidade de campo e velocidade de infiltração básica.

Deve-se dizer que os critérios de classificação nesse sistema são baseados em regras estritamente numéricas, sendo inteiramente eliminado o inconveniente da subjetividade.

Fica também evidente que o sistema tem pouco a ver com a classificação textural, tanto em termos das classes de disponibilidade de ar e água, como das ordens físico-hídricas de solo - como demonstra a classificação quase idêntica dos Cambissolos Háplicos muito argilosos (Quadro 5) com o Argissolo Vermelho-Amarelo muito arenoso (solo 5).

Desta forma, o objetivo maior desse sistema de classificação é o de explicitar diferenças e semelhanças estruturais entre os solos, relativamente às suas capacidades de aerar e hidratar as rizosferas -, como, por exemplo, na constatação da superioridade, em termos de disponibilidade hídrica, do perfil 19 em relação aos outros três Cambissolos do quadro 5; ou na confirmação da maior disponibilidade de ar do solo 5 com respeito aos demais Argissolos Vermelho-Amarelos.

Salienta-se que um importante item do sistema é a velocidade de infiltração básica. Além de ser um dado relevante para avaliação de aeração dos perfis, o conhecimento sistemático da VIB pode também constituir-se em instrumento de controle no manejo agrícola, pois esta taxa é fortemente relacionada com processos de compactação, erosão e drenagem dos terrenos.

Nesse sentido, esta classificação, por depender da estrutura física do terreno, não é estática no tempo, mas pode variar com o uso do solo. Assim, ela pode também ser utilizada como ferramenta de manejo agrícola. Também, há a possibilidade de seu uso na caracterização de aptidão agrícola das terras (Rachwal & Dedecek, 1996), o que vai depender de estudos futuros envolvendo outras variáveis, como alguns elementos de clima e de planta, nível de manejo, topografia, etc.

Outra vantagem dessa classificação está em sua aplicação em projetos de sistemas de irrigação, já que a VIB, a capacidade de campo e o ponto de murcha estarão automaticamente disponibilizados.

### LITERATURA CITADA

- ARAÚJO FILHO, J.C. Infiltração e disponibilidade hídrica em Cambissolos do Baixio de Irecê - Bahia. Recife, Universidade Federal Rural de Recife, 1992. 224p. (Tese de Mestrado)
- ARAÚJO FILHO, J.C. & RIBEIRO, M.R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixio de Irecê - Bahia. R. Bras. Ci. Solo, 20:363-370, 1996.
- ARCHER, J.R. & SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. J. Soil Sci., 23:475-480, 1972.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. p.3-28.
- BOEDT, L. & VERHEYE, W. Evaluation of profile available water capacity. 2. Application to irrigation on soils with different properties. Pedologie, 35:67-89, 1985.
- BOUWER, H. Intake rate: cylinder infiltrometer. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part I. Madison, American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1986. p.225-243.
- CASSEL, D.K. & NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part I. Madison, American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1986. p.901-924.
- CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três Latossolos irrigados do Projeto Bebedouro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa no Trópico Semi-Árido. Pesquisa em irrigação no Trópico Semi-Árido: solo, água, planta. Petrolina, 1981. p.1-14. (Boletim de Pesquisa, 4)
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo, Nobel, 1983. p.128-141.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 235p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FABIAN, A. J. & OTTONI FILHO, T.B. Determinação de capacidade de campo "in situ" ou através de equações de regressão. Pesq. Agropec. Bras., 35:1029-1036, 2000.
- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico não saturado. R. Bras. Ci. Solo, 3:73-77, 1979.
- HILLEL, D. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980a. p.5-49; 50-75; 147-196.
- HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. New York, Academic Press, 1980b. p.195-232; 265-286.
- KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.210-221.
- MACEDO, J.R., OTTONI FILHO, T.B. & MENEGUELLI, N.A. Variabilidade de características físicas e físico-hídricas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Seropédica, RJ. Pesq. Agropec. Bras., 33:2043-2053, 1998.
- MEDINA, M. & OLIVEIRA Jr., R.C. Relações entre capacidade de campo. R. Bras. Ci. Solo, 11:91-95, 1987.
- OLIVEIRA, L.B. & MELO, V. Estudo de disponibilidade de água em um solo da Estação Experimental de Itapirema, Pernambuco. Pesq. Agropec. Bras., Série Agron., 6:31-37, 1971.
- RACHWAL, M.F.G. & DEDECEK, R.A. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em Cambissolos e Latossolos com diferentes níveis de erosão sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. R. Bras. Ci. Solo, 20:485-491, 1996.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. R. Bras. Ci. Solo, 12:211-216, 1988.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1990. p.95-98.
- SALTER, P.J. & HAWORTH, F. The available-water capacity of a sandy loam soil. I. A critical comparison of methods of determining the moisture content of soil at field capacity and the permanent wilting percentage. J. Soil Sci., 12:326-334, 1961.
- SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. I. A critical comparison of techniques for determining the available-water capacity and moisture characteristic of a soil. J. Soil Sci., 16:1-15, 1965a.
- SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available water capacity and moisture release characteristics. J. Soil. Sci., 16:310-317, 1965b.
- THOMASSON A.J. Towards an objective classification of soil structure. J. Soil Sci., 29:38-46, 1978.
- US. BUREAU OF RECLAMATION. Irrigated land use classification. In: BUREAU of Reclamation Manual. S.I., 1953. v.5.