

Contribuição ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos com a inclusão da nomenclatura físico-hídrica nos 5º e 6º níveis categóricos

Mapa de Solos da Microbacia Santa Maria/Cambioco - Município de São José de Uba - RJ

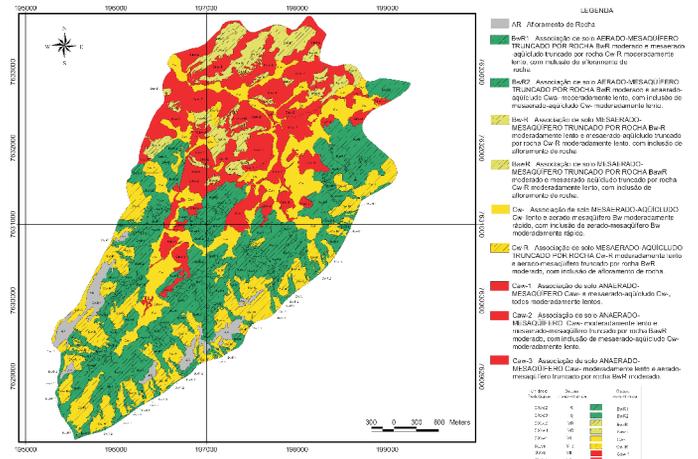
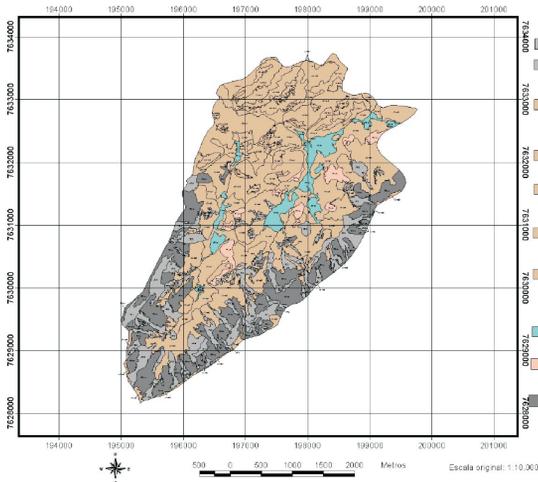
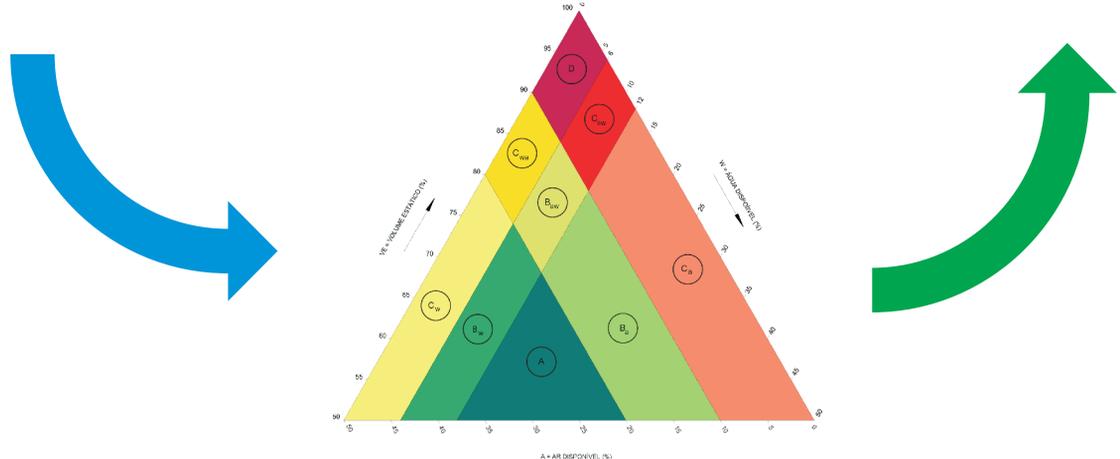


Figura V.1 - Mapa Físico-Hídrico Padrão da bacia de Santa Maria e Cambioco - Município de São José de Uba/RJ



ISSN 1517-2627

Dezembro, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 69

Contribuição ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos com a inclusão da nomenclatura físico-hídrica nos 5° e 6° níveis categóricos

*José Ronaldo de Macedo
Theóphilo Benedicto Ottoni Filho
Marta Vasconcelos Ottoni
Flávio Sodr  Brito
Francesco Palmieri
Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ
Fone: (21) 2179-4500
Fax: (21) 2274.5291
Home page: www.cnps.embrapa.br
E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Aluísio Granato de Andrade

Secretário-Executivo: Antônio Ramalho Filho

Membros: Marcelo Machado de Moraes, Jacqueline S. Rezende Mattos,
Marie Elisabeth C. Claessen, José Coelho de A. Filho, Paulo Emílio
F. da Motta, Vinícius de Melo Benites, Rachel Bardy Prado, Maria
de Lourdes Mendonça Santos, Pedro Luiz de Freitas.

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Regina Delaia*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

1ª edição

1ª impressão (2004): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

M141c Macedo, José Ronaldo de.

Contribuição ao sistema brasileiro de classificação de solos com a inclusão da nomenclatura físico-hídrica nos 5º e 6º níveis categóricos / José Ronaldo de Macedo ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004.

34 p.: il. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 69)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>>

Título da página da Web (acesso em 13 mai. 2008).

1. Classificação do solo. 2. Propriedades físico-hídrico. 3. Aeração do solo. 4. Disponibilidade hídrica do solo. I. Ottoni Filho, Theóphilo Benedicto. II. Ottoni, Marta Vasconcelos. III. Brito, Flávio Sodrê. IV. Palmieri, Francesco. V. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos. VI. Título. VII. Série.

CDD (21.ed.) 631.44

Autores

José Ronaldo de Macedo

Eng. Agrôn. Dr. Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. CEP: 22460-000. Rio de Janeiro, RJ.
jrmacedo@cnps.embrapa.br

Theóphilo Benedicto Ottoni Filho

Eng. Cível. Ph.D. Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão. CEP 21.941-972, Rio de Janeiro - RJ

Marta Vasconcelos Ottoni

Eng^a. Cível. Mestranda da COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão. CEP 21.941-972, Rio de Janeiro - RJ

Flávio Sodré Brito

Eng. Agrôn. M.Sc. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Antiga Rodovia Rio-São Paulo. CEP: 23.851-970, Seropédica - RJ.

Francesco Palmieri

Eng. Agrôn. Ph.D. Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1.024, CEP: 22.460-000. Rio de Janeiro - RJ.

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Eng^a. Agrôn. Ph.D. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Antiga Rodovia Rio-São Paulo. CEP: 23.851-970, Seropédica - RJ.

Sumário

Introdução	11
O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos	11
O Sistema de Classificação Físico-Hídrica dos Solos	12
Caracterização pedoambiental das áreas de estudo	18
Caracterização pedoambiental da sub-bacia do córrego da Cachoeira, Paty do Alferes, RJ	18
Localização da área	18
Formação geológica e geomorfologia	18
Clima	19
Uso e cobertura do solo	20
Caracterização pedoambiental da região das microbacias de Santa Maria e Cambiocó, no município de São José de Ubá, RJ	20
Localização da área	20
Formação geológica e geomorfologia	22
Clima	22
Uso e cobertura do solo	22
Levantamento pedológico dos solos	23
Métodos de trabalhos de campo e escritório utilizados	23
Levantamento de solos da microbacia do córrego do Saco Santo Antônio – Rio Ubá no município de Paty do Alferes, RJ	23
Levantamento dos solos das microbacias de Santa Maria e Cambiocó no município de São José do Ubá, RJ	24
Levantamento físico-hídrico dos Solos	25
Metodologia dos trabalhos de campo	25

Capacidade de Campo	26
Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	26
Ponto de Murcha Permanente (PMP)	27
Porosidade total (n)	27
Levantamentos e Classificação Físico-Hídricos	27
Levantamento e classificação físico-hídrica dos solos da sub-bacia do córrego da Cachoeira - rio Ubá	27
Levantamento e classificação físico-hídrica dos solos das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, no município de São José do Ubá-RJ	30
Conclusões e recomendações.	33
Referências bibliográficas.	33

Contribuição ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos com a inclusão da nomenclatura físico-hídrica nos 5° e 6° níveis categóricos

José Ronaldo de Macedo¹

Theóphilo Benedicto Ottoni Filho¹

Marta Vasconcelos Ottoni¹

Flávio Sodré Brito¹

Francesco Palmieri¹

Lúcia Helena Cunha dos Anjos¹

Resumo

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) é um sistema taxonômico, hierárquico, multicategórico e aberto, permitindo a inclusão de novas classes e tem com meta tornar possível a classificação de todos os solos existentes no território nacional (EMBRAPA, 1999). Dentro deste contexto de um sistema taxonômico dinâmico, propõe-se a inclusão da caracterização e classificação físico-hídrica dos solos desenvolvida por Ottoni Filho (2003) no quinto (família) e sexto níveis (série) categóricos. A classificação é fundamentada na descrição das capacidades de aeração e de hidratação dos solos. A disponibilidade hídrica é medida por meio da diferença entre os valores de capacidade de campo e ponto de murcha permanente, enquanto que a capacidade de aeração é obtida através da conjugação dos valores de ar disponível (porosidade total menos capacidade de campo) e de velocidade de infiltração básica. A combinação desses dados permite obter uma classificação físico-hídrica dos solos. A proposta de inclusão da nomenclatura físico-hídrica no SiBCS está fundamentada nos trabalhos de levantamento físico-hídrico dos solos nos municípios de Paty do Alferes/RJ (sub-bacia córrego da Cachoeira) e de São José do Ubá/RJ (sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó), onde foram identificados solos formados sob a influência de diferentes fatores, sendo os principais o material de origem e o clima. Dentre as classes de solos identificadas, destacam-se os Latossolos, Argissolos, Luvissolos,

Planossolos, Cambissolos, Gleissolos e Neossolos Litólicos. Além da descrição dos perfis mais representativos nas sub-bacias estudadas é apresentada a caracterização e nomenclatura físico-hídricas dos solos. O Sistema de Classificação Físico-Hídrica (SCFH) mostrou ser uma ferramenta eficiente em identificar e quantificar os atributos físico-hídricos em todos os tipos de solos dentro das microbacias estudadas no Estado do Rio de Janeiro. A aplicação deste sistema mostrou diferenças e semelhanças entre os solos das microbacias em termos de seu potencial de aeração e disponibilidade hídrica para as raízes das plantas.

Além disso, o SCFH confirmou a possibilidade de poder contribuir significativamente para o SiBCS nos níveis categóricos de família, pois forneceu informações de caráter pragmático para fins de utilização agrícola e não agrícola dos solos, e de série, pois apresenta características diretamente relacionadas com o crescimento das plantas, que afetam o desenvolvimento do sistema radicular nas relações solo-água-plantas, bem como propriedades relevantes nas interpretações para fins de engenharia e geotécnica.

Palavras chave: classificação do solo, propriedades físico-hídricas, pedologia, aeração do solo, disponibilidade hídrica do solo.

Contribution to the Brazilian System of Soil Classification with the inclusion of physico-hydric nomenclature in the 5^o and 6^o categorical levels

Abstract

The Brazilian System of Soil Classification must be hierarchical, multicategorical and open, allowing the inclusion of new classes and making possible the classification of all soils in the Country (EMBRAPA, 1999). In other words, it is a dynamical system, always in evolution. In such a context, it is proposed the inclusion, in the fifth (family) and sixth (series) categorical levels, of the physico-hydric characterization developed by Ottoni Filho (2003), which is based on the description of the soil aeration and hydration capabilities. The variables for the application of the physico-hydric system are: total porosity, field capacity, permanent wilting point, and steady-state infiltration rate. The water availability is measured by the difference between the values of field capacity and permanent wilting point, and the aeration capacity is obtained by the conjugation of available air (total porosity minus field capacity) and steady-state infiltrations rate values. The combination of such data allows a physico-hydric soil classification.

The proposal of inclusion of the physico-hydric nomenclature in the Brazilian System of Soil Classification is based on the physico-hydric soil surveys which were made in the countries of Paty do Alferes (Córrego da Cachoeira watershed) and São José do Ubá (Santa Maria e Cambiocó watershed), both in the State of Rio de Janeiro/Brazil. In those surveys, lands with different

formative factors were identified. Such factors are mainly those related to parent material and climate. Among the main soils, the following classes were identified: Latossolos, Argissolos, Planossolos, Cambissolos, Gleissolos e Neossolos Litólicos. This work presents the description of the most representative soil profiles of the watersheds. In this description it is included the proposed physico-hydric characterization and nomenclature.

Furthermore, the SCHF confirmed the possibility to contribute significantly to the levels in SiBCS family and series categories. The first level provided information of pragmatic character for agricultural and non-agricultural land uses. The second level had characteristics directly related to plants growth, affecting the development of root system in soil-water-plant relationships, and the relevant properties for the engineering and geotechnical interpretation.

Key-words: classification soil, properties physical-hydric, pedology, soil aeration, water availability.

Introdução

Atualmente, há uma clara preocupação com a questão do aprofundamento do conhecimento dos recursos naturais solo e água. Tanto em seu componente quantitativo quanto qualitativo, objetivando a sua sustentada exploração e evitando, como consequência, a sua degradação e escassez. Entretanto, é sabido que não se podem dissociar os estudos de solo dos de água, já que o solo é a principal fonte de riqueza e de sustentação para os diversos ecossistemas naturais. Porém, o crescimento econômico desordenado, a ocupação não apropriada do solo e a forte dependência hidroenergética do setor elétrico, aliados ao uso perdulário dos recursos naturais do solo e da água, têm contribuído para a degradação dos solos e tornando a disponibilidade hídrica, em certas bacias hidrográficas, incompatível com as demandas nas suas múltiplas modalidades de uso (Fernandes; Garrido, 2001).

O solo, como recurso natural não renovável, possui várias características e propriedades físicas, químicas e morfológicas que permitem separá-los e que possibilitaram o desenvolvimento de um sistema de classificação, que é o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Apesar de o SiBCS ser fundamentado nas propriedades físicas, químicas e morfológicas, há uma predominância de atributos químicos e morfológicos na sua nomenclatura, fornecendo informações sobre acidez potencial, sobre o complexo sortivo de bases trocáveis, sobre sua mineralogia, entre outras, associadas às descrições morfológicas no perfil. Porém, as informações físicas na legenda do solo para sua classificação se referem basicamente as informações sobre sua granulometria, servindo de inferência aos diversos outros fatores físicos e hídricos dos solos, como pegajosidade e plasticidade.

Este trabalho é baseado numa conjugação dos levantamentos e mapeamento de solos e levantamentos e mapeamentos físico-hídricos dos Projetos “Desenvolvimento de Agricultura Sustentável em Regiões Tropicais de Relevância Acidentada – DESUSMO”, este produzindo o levantamento semidetalhado dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da microbacia do córrego da Cachoeira no município de Paty do Alferes, RJ. (Embrapa, 1998) e “Gestão participativa da sub-bacia do rio São Domingos, RJ - GEPARMBH”, produzindo o levantamento semidetalhado dos solos e seu respectivo mapa (Bhering et al. 2005). Ambos os projetos tiveram como um de seus objetivos maiores o ordenamento do meio físico, para análise do risco de produção com base em fatores pedoclimáticos na escala 1:10.000.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

A classificação de solos no Brasil tem sido matéria de interesse constante, motivado pela necessidade de se conhecer as terras voltadas para o planejamento nos seus mais diversos fins, sejam eles de uso agrícola ou não. Por essa razão, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é uma prioridade nacional compartilhada com várias instituições de ensino e pesquisa no Brasil, desde as primeiras tentativas de organização, a partir da década de 1970, conhecidas como aproximações sucessivas, buscando um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, que permita a inclusão de novas classes e que torne possível a classificação de todos os solos existentes no território nacional (Embrapa, 1999). Ele é composto de vários níveis categóricos: 1º nível categórico (ordens); 2º nível categórico (subordens); 3º nível categórico (grandes grupos); 4º nível categórico (subgrupos); 5º nível categórico (famílias) e 6º nível categórico (séries) (Embrapa, 1999).

De acordo com a Embrapa (1999), um nível categórico de um sistema de classificação de solos é um conjunto de classes definidas num mesmo nível de generalização ou de abstração e incluindo

todos os solos que satisfizerem a essa definição. As características ou propriedades usadas para a definição de um nível categórico devem ser propriedades dos solos que possam ser identificadas ou que possam ser inferidas de outras propriedades a partir de reconhecimento e/ou amostragem no campo ou a partir de conhecimentos da ciência do solo e de outras disciplinas correlatas. As características diferenciais para os níveis categóricos mais elevados da classificação de solos devem ser propriedades dos solos que resultam diretamente dos processos de gênese do solo ou que afetem diretamente a gênese do mesmo, porque estas propriedades apresentam um maior número de características acessórias.

Nos níveis categóricos mais elevados, os critérios diferenciais entre classes são, sobretudo, de natureza pedogenética. Assim, no nível de ordem são empregados critérios que mostram diferenças no tipo e grau de desenvolvimento de processos que atuaram na formação do solo. No nível de subordem são empregados atributos diferenciais que refletem atuação em outros processos de formação ou ressaltam condições responsáveis pela ausência de diferenciação de horizontes (juventude, resistência ao intemperismo devido à presença de quartzo), ou ressaltam propriedades resultantes de gênese que tenham grande importância agrônômica ou que tenham grande número de propriedades acessórias ou, ainda, que ressaltam propriedades ou características diferenciais que representam variações importantes dentro das classes do 1º nível categórico (Oliveira, 2005). Segundo o mesmo autor, os atributos diagnósticos empregados na discriminação de séries são essencialmente pragmáticos e as taxas são intimamente relacionadas com o uso de seus solos sendo, portanto, essencial no estabelecimento das taxas e para eleger atributos de importância agrícola.

Por definição (Embrapa, 1999), o 5º nível categórico (famílias) é definido com base em propriedades físicas, químicas e mineralógicas e em propriedades que reflitam condições ambientais. Neste nível, agregam-se informações de caráter pragmático, para fins de utilização agrícola e não agrícola dos solos, compreendendo características diferenciais para a distinção de grupamentos mais homogêneos de solos. Já o 6º nível categórico é a categoria mais homogênea do Sistema, correspondendo ao nível de "série de solos". A definição de classes nesse nível categórico (série) deverá ter por bases características diretamente relacionadas com o crescimento de plantas, principalmente no que concerne ao desenvolvimento do sistema radicular, relações solo-água-planta, ou ainda, para as propriedades do solo relevantes nas interpretações para fins de engenharia e geotécnica. Para os nomes das classes do 6º nível categórico deverão ser utilizados nomes próprios, geralmente referenciados a lugares onde a série foi reconhecida e descrita pela primeira vez, desta maneira evitando-se o emprego de nome descritivo, o que levaria a uma grande dificuldade de distinção em relação às famílias.

O estabelecimento de séries deverá ser um processo progressivo resultante de conhecimentos decorrentes dos levantamentos detalhados, segundo Oliveira (2005), ou semidetalhados de solos (Macedo et al., 2005). Ainda segundo Oliveira (2005), as poucas "séries" correspondem às classes de solos cujos critérios identificadores foram estabelecidos sem levar em conta a hierarquia do SiBCS e/ou qualquer validação por instituição que a tenha considerado como série oficialmente estabelecida.

Como relatado anteriormente, para que todos os ecossistemas possam se desenvolver é necessário ter conhecimento qualitativo e quantitativo da dinâmica do ar e da água, já que essas características físicas estão intimamente relacionadas à sobrevivência e crescimento animal e vegetal, voltados principalmente para exploração de culturas de valor econômico e/ou ambiental. Para isso, está se propondo a inclusão da nomenclatura físico-hídrica no SiBCS.

O Sistema de Classificação Físico-Hídrica dos Solos

O Sistema de Classificação Físico-Hídrica dos Solos – S.C.F.H. - (Ottoni filho, 2003 e Brito, 2004) agrupa os perfis segundo sua capacidade de aerar e hidratar as rizosferas. O sistema se baseia nas seguintes propriedades do solo: porosidade total (n); capacidade de campo volumétrica (Cc); Ponto de Murcha Permanente volumétrico (PMP) e Velocidade de Infiltração

Básica (VIB). Com estes dados, duas classificações são propostas para determinado solo: i) a “Classificação Padrão” que avalia os atributos físico-hídricos para a profundidade máxima do perfil de 70 cm de profundidade (Ottoni Filho, 2003) e, ii) a “Classificação de Superfície” que avalia os atributos físico-hídricos para a profundidade máxima de 30 cm do perfil (Ottoni Filho 2003). O interesse desta última seria para os casos envolvendo cultivos na zona radicular rasa (até no máximo 30 cm), pois é a parte do solo onde se concentram as raízes mais ativa das plantas, ou seja, as raízes secundárias e terciárias, que tem a função de absorver água e nutrientes.

A metodologia para determinação destas propriedades dos solos citados acima está descrita em Ottoni Filho (2003). A coleta das amostras de solo deve ser feita no mesmo local dos testes de campo, para minimizar a variabilidade espacial dos atributos do solo. Quando há restrições ou truncamentos físicos para a coleta de amostras de solo, a notação das classificações físico-hídricas padrão e de superfície devem ser acrescidas do símbolo P para impedimento/truncamento decorrente de presença de lençol freático alto, e do símbolo R para impedimento/truncamento por material de origem - R- (rocha ou sedimentos) ou de transição para R (saprolito). Por esse motivo, se a profundidade h do perfil até o lençol freático e/ou a profundidade H até a transição para a camada R forem inferiores a 70 cm, as propriedades (exceto a VIB) devem ser determinadas até a profundidade do impedimento/truncamento, ou seja, $L1 = \min(h, H)$ - para Classificação Padrão ou até $L2 = \min(h, H, 30 \text{ cm})$ - para Classificação de Superfície.

De acordo com o sistema de classificação (Ottoni Filho 2003), são consideradas as médias dos valores das três propriedades: X ($X = n$; Cc ou PMP), nos horizontes ou seções dos perfis até a profundidade de 70 cm (ou $L1$) para a Classificação Padrão e de 30 cm (ou $L2$) para a de Superfície. Para isso, sugere-se a seguinte aproximação, visando uma padronização para o cálculo da média aritmética ponderada (\bar{X}) no perfil, correspondente à variável X (equação 1):

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \frac{\Delta z_i \cdot X_i}{L} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde X_i é o valor considerado para a variável X em cada uma das N faixas de profundidade Δz_i , dentro do perfil, sendo que o somatório de Δz_i é igual a L , onde L é a profundidade do perfil ($L = 70, 30, L1$ ou $L2$, conforme o caso, respectivamente). A partir daí, o ar disponível (A) no perfil é calculado tirando-se a diferença entre as médias da n e Cc ($\bar{A} = n - Cc$) e, para a água disponível (W), faz-se o cálculo pela diferença das médias de Cc e PMP ($W = Cc - PM$).

Finalmente, deve-se definir uma terceira variável, que é o volume estático (VE) determinado por meio da soma dos valores do ponto de murcha permanente (PMP), volumétrico e o volume de sólidos ou de partículas (VS) (Ottoni Filho, 2003 e Brito, 2004). Logo, $VE = PM + VS$. O valor VE é a fração volumétrica do solo que, normalmente, não engloba o volume dos fluxos de transferência de ar e água nos vazios, sendo $\bar{A} + \bar{W} + VE = 1$ no perfil.

A conjunção da capacidade de aeração, da capacidade de hidratação e do volume de sólidos, os solos são classificados em termos físico-hídricos, a partir das classes de disponibilidade de ar e água. Tais classes correspondem a 9 subáreas específicas no triângulo da figura 1 (denominado triângulo de disponibilidade de ar e água no solo), sendo definidas a partir das combinações possíveis envolvendo três faixas de variação (baixa, média, alta) nas escalas de A e W . Segundo o parágrafo anterior, um dado perfil do solo será sempre representado por um ponto na Figura 1, considerando 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 ($A > 20\%$). Ottoni Filho (2003) reconhece que esta definição de faixas para A e W é arbitrária, não devendo ser utilizada para compor regras gerais de aptidão agrícola.

Triângulo de Classificação Físico-Hídrica para Solos Impermeáveis

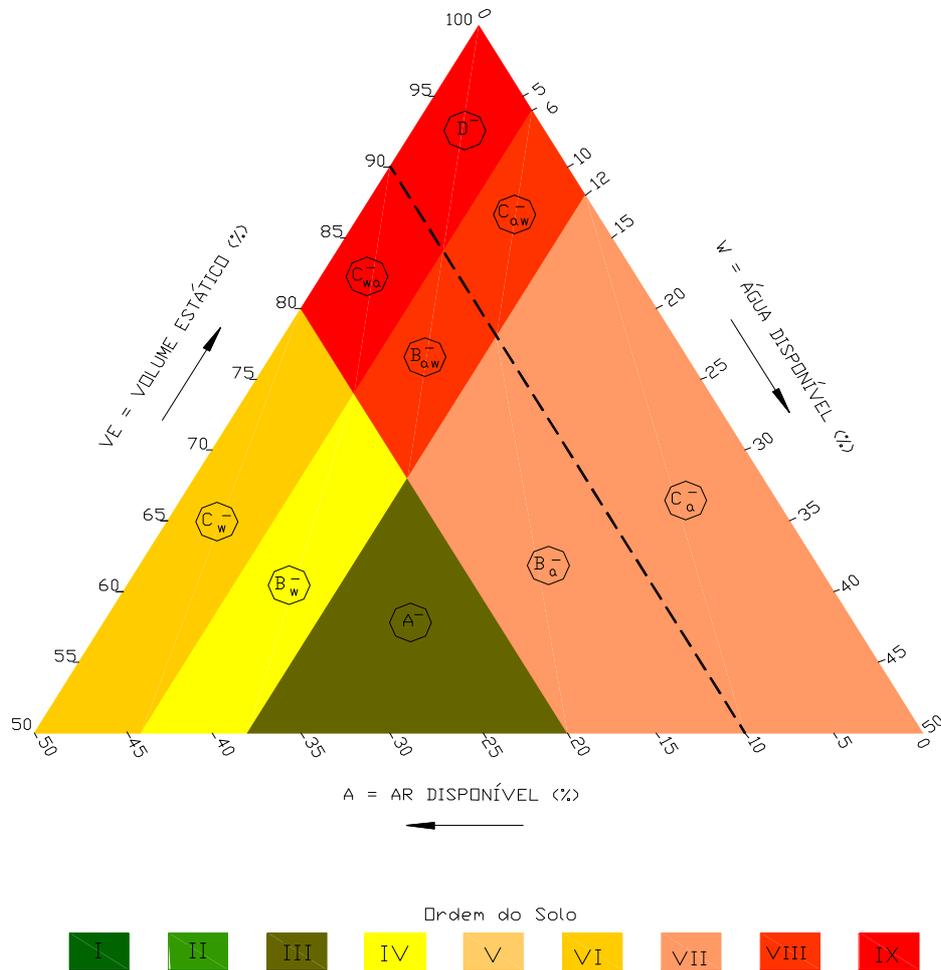


Figura 1. Triângulo de Classificação Físico-Hídrica para solos impermeáveis.

Logo, existem 9 classes de disponibilidade de ar e água – A; B_w; B_a; B_{aw}; C_w; C_{wa}; C_a; C_{aw}; D – em cada um dos dois Sistemas de Classificação propostos (Padrão e de Superfície), como definidas na Tabela 1 e Figura 1. As três classes centrais são A, B_{aw} e D, correspondentes aos solos com ar e água disponíveis, tendo valores altos, médios e baixos, respectivamente. Os subscritos “a” e “w” das classes tipo B indicam valores médios na variável respectiva (A e W). Os primeiros subscritos nas classes tipo C indicam valores baixos, enquanto que os segundos subscritos indicam valores médios para a variável correspondentes. A falta de subscritos nas classes tipo B ou C significa que a respectiva variável é de alto valor. As ordens de disponibilidade de I a IX (Tabela 1) enumeram os solos segundo uma ordenação decrescente nos volumes de ar e água disponíveis e, de acordo com um critério que prioriza, dando uma ordem menor, a importância do ar em relação à água. Tais ordens de disponibilidade servem de base para a definição das ordens de solo do Sistema (Ottoni Filho, 2003).

Tabela 1. Definição das classes de disponibilidade de ar e água.

Classificação quanto à disponibilidade de ar e água	Ar disponível(A)	Água disponível(W)	Classe de disponibilidade de ar e água	Ordem de disponibilidade de ar e água
Solos com baixa restrição	Alto ⁽¹⁾	Alta ⁽⁴⁾	A	I
Solos com média restrição	Alto	Média ⁽⁵⁾	B _w	II
	Médio ⁽²⁾	Alta	B _a	III
	médio	Média	B _{aw}	IV
Solos com alta restrição	Alto	Baixa ⁽⁶⁾	C _w	V
	Médio	Baixa	C _{wa}	VI
	Baixo ⁽³⁾	Alta	C _a	VII
	Baixo	Média	C _{aw}	VIII
	baixo	baixa	D	IX

Obs.: faixas de disponibilidade de ar e água: ⁽¹⁾ A > 20%, ⁽²⁾ 10 < A < 20%, ⁽³⁾ A < 10%, ⁽⁴⁾ W > 12%, ⁽⁵⁾ 6 < W < 12%, ⁽⁶⁾ W < 6%.

As ordens e classes de solo do sistema pretendem explicitar a disponibilidade hídrica e aeração dos perfis. Quanto à disponibilidade hídrica, assume-se que seja suficiente considerar as faixas de variação de W. Quanto à aeração, consideram-se, conjuntamente, as faixas de variação de A e da VIB, já que a velocidade de infiltração básica é um indicador aproximado da magnitude da permeabilidade de ar nos macroporos (Ottoni Filho, 2003). Definem-se as seguintes faixas de variação para a VIB: baixa (VIB < 2,0 cm h⁻¹); média (2,0 ≤ VIB ≤ 12,5 cm h⁻¹); alta (VIB > 12,5 cm h⁻¹). As três faixas de variação da aeração (A) são definidas (Tabela 2) através das diversas combinações possíveis entre as faixas de A e da VIB.

Como referência, uma VIB média (2,0 cm h⁻¹ ≤ VIB ≤ 12,5 cm h⁻¹) mantém o nível categórico (baixo, médio, alto) da disponibilidade de A como nível categórico de aeração. Por exemplo, um solo com alto valor de A e média VIB será considerado um solo de alta aeração. Entretanto, no caso dos valores de VIB serem baixos (VIB < 2,0 cm h⁻¹), esta VIB rebaixa o nível categórico da disponibilidade do ar (A) (se for possível, ou seja, se a classe de aeração A for média ou alta) para definir a condição de aeração. Por outro lado, uma alta VIB promove a qualificação da aeração (se for possível, isto é, se A for baixa ou média).

Portanto, o sistema prevê 27 classes principais de solo. Se um solo for de média VIB, as nove classes possíveis têm a mesma notação das classes de disponibilidade de ar e de água (Tabela 1). Se o solo for de baixa ou de alta VIB, as nove classes correspondentes em cada caso recebem o superescrito – ou +, respectivamente. As combinações possíveis entre as faixas de variação da aeração e da água disponível definem as nove ordens principais de solos, cada uma com três classes (Tabela 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).

Todas as ordens de classes principais de solos estão indicadas na Tabela 2, enquanto que as figuras 2a, 2b e 2c, denominadas triângulos de classificação físico-hídrica dos solos, permitem a classificação pela simples plotagem dos percentuais médios de disponibilidade de ar (Ā) e de água (Ŵ) no perfil.

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

Classificação quanto à aeração e disponibilidade de e água	Ar disponível (A)	VIB ⁽¹⁾	Aeração	Água disponível (W)	Classe de solo	Ordem de solo e nomenclatura			
Solos com baixa restrição	alto	alta ⁽²⁾	alta	alta	A ⁺⁽⁵⁾	I Solos aerados aquíferos			
	alto	média ⁽³⁾			A ⁽⁶⁾				
	médio	alta			B _a ⁺				
Solos com média restrição	alto	alta	alta	média	B _w ⁺	II Solos aerados mesaquéferos			
	alto	média			B _w				
	médio	alta			B _{aw} ⁺				
	alto	baixa ⁽⁴⁾	média	alta	A ⁻⁽⁷⁾	III Solos mesaerados Aquíferos			
					médio		média	B _a	
					baixo		alta	C _a ⁺	
	alto	baixa	média	média	média	B _w ⁻	IV Solos mesaerados mesaquéferos		
						médio		média	B _{aw}
						baixo		alta	C _{aw} ⁺
Solos com alta restrição	alto	alta	alta	baixa	C _w ⁺	V Solos aerados aquícludos			
	alto	média			C _w				
	médio	alta			C _{wa} ⁺				
	alto	baixa	média	média	baixa	C _w ⁻	VI Solos mesaerados aquícludos		
						médio		média	C _{wa}
						baixo		alta	D ⁺
	Médio	Baixa	Média	baixa	Alta	B _a ⁻	VII Solos anaerados aquíferos		
						Baixo		Média	C _a
						Baixo		baixa	C _a ⁻
	Médio	Baixa	Média	Baixa	média	B _{aw} ⁻	VIII Solos anaerados mesaquéferos		
						Baixo		Média	C _{aw}
						Baixo		baixa	C _{aw} ⁻
	Médio	Baixa	Média	baixa	Baixa	C _{aw} ⁻	IX Solos anaerados aquícludos		
						Baixo		Média	D
						Baixo		baixa	D ⁻
					E	X Solos alagados ⁽⁸⁾			

OBS: ⁽¹⁾VIB = velocidade de infiltração básica, faixas de VIB: ⁽²⁾ VIB : 12,5, ⁽³⁾ 2,0 < VIB < 12,5 cm h⁻¹, ⁽⁴⁾ VIB < 2,0 cm h⁻¹, ⁽⁵⁾ Classe com sobrescrito (+) indica alta VIB, ⁽⁶⁾ Classe sem sobrescrito indica média VIB, ⁽⁷⁾ Classe com sobrescrito (-) indica baixa VIB, ⁽⁸⁾ Solos que se alagam por mais de oito meses durante um ano hidrológicamente normal.

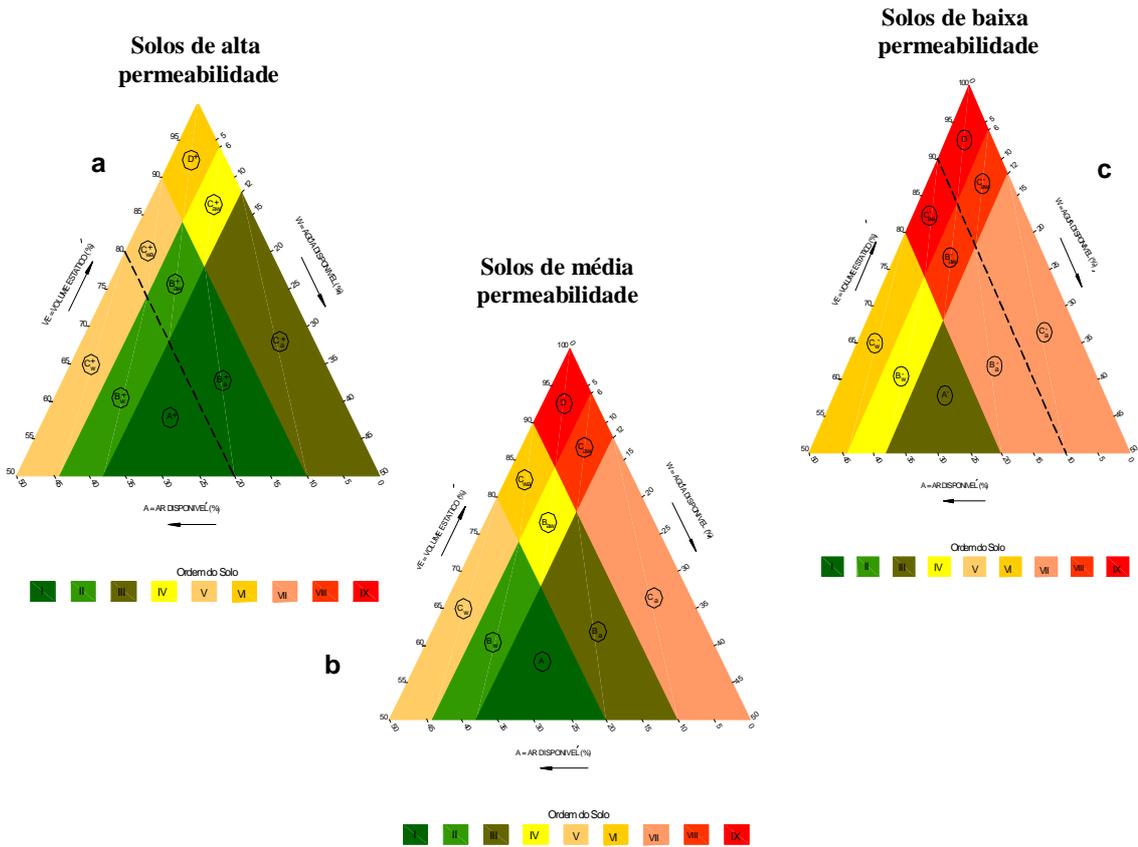


Figura 2. Triângulos de classificação físico-hídrica dos solos: (a) solos de alta permeabilidade; (b) solos de média permeabilidade e (c) solos de baixa permeabilidade. São mostradas nos triângulos as nove ordens principais dos solos (de I a IX), com suas respectivas 27 classes.

A estas 27 classes e nove ordens principais devem ser adicionadas as 54 classes e 18 ordens correspondentes aos solos truncados, sendo 27 classes e nove ordens de solos truncados por lençol freático e 27 classes e nove ordens de solos truncados por presença de camada R ou de transição para R. Como já referido, essas classes e ordens truncadas recebem em sua notação de solo principal o complemento do símbolo "P" (lençol freático) ou "R" (camada R), conforme o solo. É o caso, por exemplo, da ordem VP dos solos aerados-aquícludos com lençol freático elevado, ou a classe B_wR de um Neossolo Litólico aerado-mesaquífero. Finalmente uma última ordem ainda é possível, a ordem X (ordem dos solos alagados), com apenas uma única classe (classe E). Essa designação é dada aos solos que se alagam por pelo menos oito meses durante um ano hidrológico normal.

O objetivo deste trabalho é propor a utilização da nomenclatura gerada pelo Sistema de Classificação Físico-Hídrica no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. A proposta é a inclusão da Classificação Padrão (70 cm) para preencher o nível categórico de família e a Classificação de Superfície (30 cm) para o nível de série. Justifica-se essa proposta pela relevância do conhecimento das capacidades de aeração e de hidratação dos perfis como instrumento de gestão dos solos e de produção agrícola, explicitando, assim, a natureza da estrutura física do solo com um elemento chave de classificação pedológica. A proposta de inclusão da descrição físico-hídrica no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é fundamentada por intermédio dos trabalhos de dissertações decorrentes dos levantamentos de solos realizados em duas sub-bacias do Estado do Rio de Janeiro.

Caracterização pedoambiental das áreas de estudo

Caracterização pedoambiental da sub-bacia do córrego da Cachoeira, Paty do Alferes, RJ

Localização da área

A sub-bacia do Córrego da Cachoeira compreende as comunidades de Caetés, Campo Verde e Bela Vista e esta localizada no município de Paty do Alferes, na região da Serra do Mar, a qual faz parte do Bioma de Mata Atlântica e da bacia hidrográfica do médio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro (Figura 3). A sub-bacia localiza-se entre os paralelos 22°16' e 22°30' de latitude Sul, e os meridianos 43°16' e 43°31' de longitude a Oeste de Greenwich. A sub-bacia compreende uma área total de 1.072 ha, que corresponde a 3,3% da área do município, distinguida por apresentar um ambiente de mar de morros, com variações de cotas de 400 a 600 m, relevo ondulado, com vales abertos e contíguos, apresentando uma ação antrópica intensa e amplamente utilizada por cultivo de olerícolas, desaguando no rio do Saco, que é afluente do Paraíba do Sul.

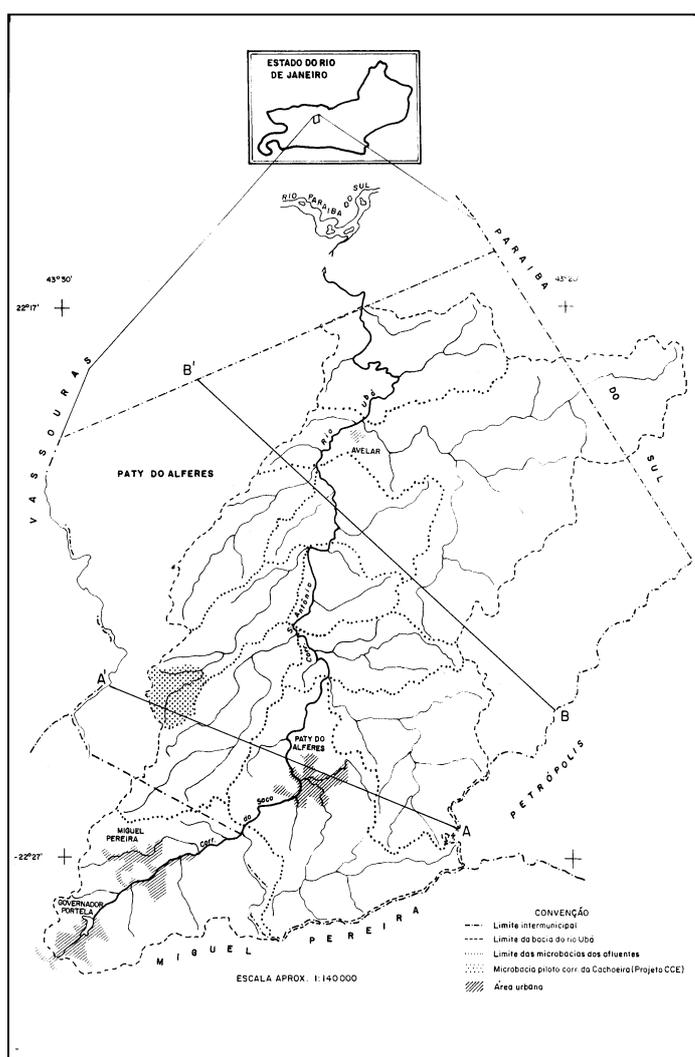


Figura 3 – Localização da área de estudo – Microbacia do Córrego do Saco Santo Antônio – Rio Ubá, nos municípios de Paty do Alferes e Miguel Pereira.

Formação geológica e geomorfologia

Na região de Paty do Alferes ocorrem duas formações geológicas principais, denominadas Unidade Santo Eduardo e Unidade Rio Negro. Pequenas porções de rochas granulíticas,

provavelmente pertencentes às unidades Monte Verde e São José de Ubá, também ocorrem na área. Todas estas unidades são da idade Pré-Cambriana e são cortadas localmente, nas zonas principais de fraturamento, por diques de rocha básica, relacionada ao magmatismo básico do período Cretáceo. Em alguns pontos observaram-se diques de reduzidas dimensões, de rocha ígnea muito alterada, de coloração cinza, de muito baixa densidade, provavelmente relacionada com o magmatismo alcalino, de idade mais recente, ou seja, Cretáceo/Terciário. Nos topos aplainados que ocorrem em toda área, foi registrada a presença de sedimentos argilo-arenosos, relacionados, em idade, ao Terciário/Quaternário. Sedimentos argilo-arenosos de natureza aluvionar e coluvionar, de idade mais recente são também encontrados na área ao longo das drenagens principais, ou preenchendo fundos de vales ou sopé de encostas, formando terraços típicos de baixa declividade. Em muitos locais, independente da altitude e, às vezes, até mesmo da forma das encostas e declividade, encontra-se uma cobertura de natureza estritamente coluvionar.

A área apresenta os seguintes domínios fisiográficos principais: domínio de serras e degraus reafeiçoados da serra do Mar; depressão colinosa do córrego do Saco/rio Ubá e degraus reafeiçoados e colinas dissecadas da zona de alinhamento de cristais do Paraíba do Sul. O primeiro domínio situa-se na porção sudeste do município de Paty do Alferes, com orientação geral NE/SW e altitudes que variam em 800 e 1200 m, com relevo predominante montanhoso e forte ondulado, vales encaixados e predominantemente esvaziados, apresentando desnivelamentos entre topos e fundo de vales geralmente superiores a 200 m, porém abarcando alguns compartimentos colinosos embutidos. O domínio de degraus reafeiçoados e colinas dissecadas da zona de alinhamentos ocorre a norte e noroeste do município, apresentando altitudes entre 300 e 800 m e desnivelamentos entre 100 e 300 m. Neste domínio, igualmente com orientação geral NE/SW, predominam as feições de topos de cristais em relevo montanhoso e forte ondulado, ocorrendo compartimentos de colinas embutidas entre degraus e serras reafeiçoadas, caracterizadas por feições de topos amplos e aplainados, como no domínio anterior.

Clima

O clima é classificado como Cw, segundo a classificação de Köppen; temperado, com a temperatura média do mês mais frio sendo inferior a 18°C. A época seca coincide com o inverno.

Com relação à precipitação mensal, o município de Paty do Alferes apresenta um inverno seco e verão chuvoso; sendo o trimestre mais chuvoso (TMC) o período novembro/dezembro/janeiro, com aproximadamente 50% da chuva anual. Em Paty do Alferes, estima-se que o ano hidrológico tem início em setembro e término em agosto. Quanto às chuvas máximas em vinte e quatro horas, Paty do Alferes já registrou chuva de 138,4 mm.

O aumento da temperatura média anual ao longo do município de Paty do Alferes se faz no sentido SE para NW, variando de 18° a 22°C. Estima-se, para as partes mais altas de Paty, uma temperatura média anual em torno dos 17°C. Com relação às temperaturas mínimas absolutas já registradas, o município já registrou valor de 1,1°C no Distrito de Avelar.

Os valores de Evapotranspiração Potencial (ETP) encontrados foram baseados nas informações de Avelar. Os valores mensais variam de 135 mm em janeiro a 46 mm em junho. Tendo em vista que a ETP foi estimada utilizando-se valores médios mensais da temperatura do ar, considera-se que haja um decréscimo da ETP em torno de 30%, em direção às partes mais altas do município.

Os ventos são relativamente fracos nos vales, fluindo em direção constante de NE para SW. Nas partes mais elevadas, principalmente nos cumes das elevações, entretanto, eles podem alcançar velocidades mais altas.

Uso e cobertura do solo

A vegetação original é de floresta tropical subperenifólia na região de domínio de serras (em altitudes acima de 750 m) e floresta subcaducifólia no restante da área, tendendo esta última a uma maior caducidade nas cotas mais baixas (em torno de 400 m), que ocorrem a N/NW. Nos terraços mais elevados, distribuídos por toda a área, ocorre a floresta higrófila de várzea e o campo higrófilo de várzea. Nas áreas de afloramentos rochosos, ocorrentes em pequenas áreas no domínio de serras, observou-se a presença de formações rupestres.

Segundo Carvalho Junior et al. (1998), que realizaram o levantamento do uso atual das terras, esses autores verificaram os seguintes usos principais e respectivos percentuais de ocorrência: Pastagens (68,2%), Florestas (13,5%), Capoeiras (4,8%), Silvicultura com Eucalipto (4,4%), Culturas de ciclo curto (3,4%) e áreas urbanas (5,7%) (Carvalho Neto et al, 1998). A exploração pecuária, com gado de leite e corte, se dá de forma extensiva e, menos frequentemente, de forma semi-extensiva. No entanto, apenas 3,4% das terras são utilizadas com culturas de ciclo curto. As atividades de ciclo curto possuem uma importância econômica fundamental, principalmente considerando a cultura do tomate, que na região é uma agricultura praticada com uso intensivo e nômade do solo, com utilização de irrigação e a aplicação de grande quantidade de insumos.

Caracterização pedoambiental da região das microbacias de Santa Maria e Cambiocó no município de São José do Ubá, RJ

Localização da área

A área geográfica é a da Região Norte-Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, que é formada por treze municípios: Aperibé, Bom Jesus de Itabapoana, Cambuci, Italva, Itaocara, Itaperuna, Laje de Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, São José de Ubá e Varre-Sai. Esta região possui uma superfície aproximada de 5.400 Km², equivalente a 12,3% da área do Estado do Rio de Janeiro e está localizada geograficamente entre os paralelos de 20° 30' e 22° 00' de latitude Sul, e entre os meridianos de 41° 00' e 42° 30', a Oeste de Greenwich.

Dentro da Macrorregião Norte-Noroeste, detalharam-se os estudos na área geográfica que engloba a sub-bacia hidrográfica do rio São Domingos, afluente do rio Muriaé, que faz parte da Bacia do rio Paraíba do Sul. A Sub-bacia possui uma área de aproximadamente 280 km², estando 90% localizada no território do município de São José de Ubá. Os 10% restantes encontram-se situados no município de Itaperuna (Figura 4).

Os levantamentos de solos e físico-hídricos foram desenvolvidos nas sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, inseridas na sub-bacia do rio São Domingos, afluente do Muriaé, bacia do Paraíba do Sul, no município de São José de Ubá (Figura 5). A área total estudada é de 12 km².

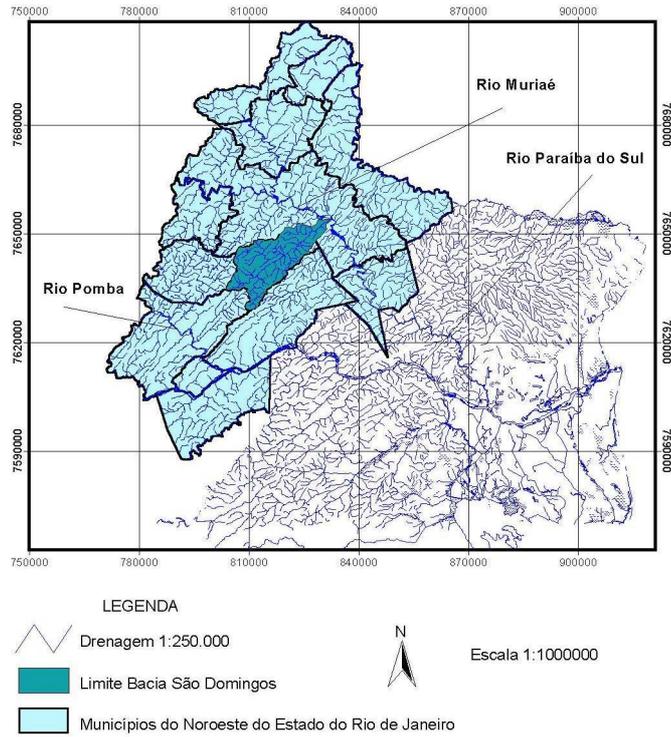


Figura 4. Área geográfica da Sub-bacia do rio São Domingos (área piloto) na região Noroeste Fluminense, com destaque para os rios Pomba, Muriaé e Paraíba do Sul (Fonte: Projeto GEPARMBH).

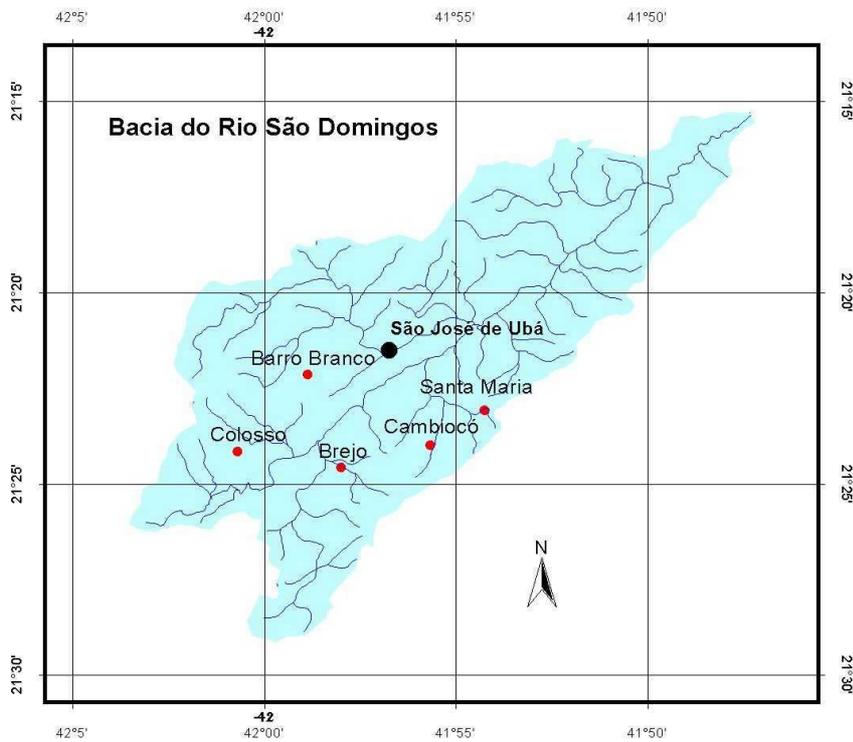


Figura 5. Localização geográfica das microbacias de Santa Maria e Cambiocó, no município de São José de Ubá, RJ.

Formação geológica e geomorfologia

A região é formada pelo embasamento cristalino constituído por rochas metamórficas de alto grau, de idade pré-cambriana, apresentando gnaisses charnockíticos como rochas predominantes, ao lado de rochas metassedimentares e ortognáissicas. As rochas se caracterizam pela presença de intenso falhamento, causado pelos mesmos eventos tectônicos que condicionaram o curso do rio Paraíba do Sul e seus afluentes (*Graben* do Paraíba). A geomorfologia da região e do município de São José do Ubá, onde se incluem as sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, é caracterizada por relevo variando de plano, nas baixadas e vales enterrados, a fortemente ondulado, escarpado e montanhoso no restante da área.

Sob o ponto de vista hidrogeológico, ocorrem dois tipos principais de aquíferos na região: (a) poroso – nos depósitos aluvionares e solos de alteração das rochas; e (b) fissural – nas fraturas das rochas cristalinas. Devido à pequena espessura dos solos e a heterogeneidade dos depósitos aluvionares, o aquífero fissural torna-se o mais importante, favorecido pela presença de intenso falhamento e fraturamento nas rochas, tornando-as propícias ao armazenamento de águas subterrâneas.

Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima característico da região é o Aw, ou seja, tropical quente e úmido com estação seca (inverno) e chuvosa (verão) bem marcadas. No norte da região, especificamente na porção ocidental conhecida como Alto Noroeste, ocorre uma pequena mancha do tipo Cwa, tropical de altitude com verões quentes e úmidos. Esta área, que abrange o município de Varre-Sai e parte dos municípios de Natividade, Porciúncula e Bom Jardim do Itabapoana, se diferencia do restante do Noroeste Fluminense por estar situada em maiores altitudes, entre 500 e 800 metros (Cezar, 2001).

De acordo com os dados das estações pluviométricas de Itaperuna e Santo Antônio de Pádua, as médias térmicas anuais estão em torno de 23°C, com média do mês mais quente perto dos 26°C e a do mês mais frio entre 19° e 20°C. Tal amplitude, maior do que as do Litoral, assume uma feição assemelhada ao regime térmico do Planalto Central (Cezar, 2001).

O total pluviométrico anual do Noreoeste Fluminense está em torno de 1.200 mm. As precipitações concentram-se com valores em torno de 82% do total principalmente no período de outubro a março (período de primavera-verão), sendo dezembro o mês mais chuvoso, com médias de 288,8 mm em Santo Antônio de Pádua e 247,5 mm em Itaperuna. A partir de abril, verifica-se acentuado declínio da pluviosidade, sendo o período mais seco compreendido de abril a setembro (outubro/inverno), tendo seu auge nos meses de junho a agosto, caracterizando forte estiagem. O trimestre totaliza 71 mm de precipitações em Santo Antônio de Pádua e 55 mm em Itaperuna (Cezar, 2001).

Uso e cobertura do solo

As atividades essencialmente agropecuárias desenvolvidas na bacia do rio São Domingos, originaram-se das próprias características de seus ecossistemas naturais, desenvolvendo-se cada uma de acordo com a aptidão imposta pela própria natureza. Nas áreas de Baixada, desenvolveram-se os solos Cambissolos de baixada e Gleissolos, aptos à implantação de lavouras, que é praticada intensivamente com inadequadas práticas e técnicas de manejo e sem a introdução de sistemas conservacionistas como, por exemplo, o Sistema de Plantio Direto (SPD), e com tratos culturais errôneos (irrigação com mangueiras - "molhação" - e eliminação da cobertura morta - queimadas e capinas). Um segundo compartimento, que são as áreas com maior declividade, onde predominam os solos Argissolos e Cambissolos, com relevo muito acidentado, não permite atividades agropecuárias, sendo inclusive, recomendadas como "Áreas de Preservação Ambiental", de acordo com Ramalho Filho & Beek (1995), porém com intensiva utilização com culturas olerícolas (tomate principalmente) e pastagem com baixa produtividade, tanto para o gado de corte como para o de leite. Nessas áreas, verifica-se a utilização de práticas de manejo convencionais como aração e gradagem, inclusive aração "morro abaixo", quando feitas para a renovação e/ou implantação de pastagem e culturas olerícolas.

Levantamento pedológico dos solos

Métodos de trabalho de campo e escritório utilizados

O mapeamento levou em conta o conjunto de características potencialmente importantes para a utilização do solo. Dentre estas, a vegetação, o relevo e a presença de pedras ou afloramentos de rocha foram usados para subdividir as unidades e, de forma geral, tomadas como indicadoras das condições hídricas, da susceptibilidade à erosão e das possibilidades de mecanização. A atividade da argila, a saturação por bases, a saturação com alumínio trocável, o tipo de horizonte A, a textura e, no caso dos solos pouco desenvolvidos (Neossolos), o substrato rochoso, também foram elementos utilizados na separação das unidades. Nem sempre foi possível a separação das unidades de mapeamento com somente uma classe de solo. Assim, como exemplo, áreas ocupadas por Neossolos Litólicos e Cambissolos foram mapeadas em conjunto por não possuírem extensão geográfica, ou então suas ocorrências intrincadas não possibilitaram a delimitação individualizada na escala de publicação. Para o estabelecimento das classes de solos e para a subdivisão destas em classes mais homogêneas, levaram-se em consideração os critérios recomendados em Embrapa (1999).

Levantamento de solos da microbacia do córrego do Saco Santo Antônio – rio Ubá no município de Paty do Alferes, RJ

O levantamento dos solos da sub-bacia do córrego da Cachoeira foi realizado pela Embrapa Solos (Embrapa, 1998), de acordo com as normas recomendadas pela Embrapa (1998) em todas as fases de execução dos trabalhos de campo, laboratório e escritório. Como material básico foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:20.000 e restituição planialtimétrica na escala 1:10.000 realizada pela Agrofoto S.A., com curvas de equidistantes de 10 metros. Para caracterização dos solos foram coletados e descritos, segundo Lemos e Santos (1996), 14 perfis completos e 46 complementares, que foram analisados segundo critérios do Manual de Métodos de Análise de Solos (Embrapa, 1997). Após a interpretação dos dados analíticos e descritivos dos solos e através das correlações de campo, elaborou-se a legenda definitiva de solos e o relatório final e a confecção do mapa de solos.

A primeira fase do trabalho consistiu de uma pesquisa bibliográfica e, em seguida, percorreu-se toda a área da sub-bacia visando a identificação e conceituação das diferentes classes de solos a serem mapeadas. Na execução desta etapa, registraram-se todas as características morfológicas dos perfis de solos e dados referentes à geologia, relevo, clima e vegetação da área. Após correlação das características morfológicas com os fatores de formação dos solos e padrões fisiográficos, elaborou-se a legenda preliminar (Lemos & Santos, 1996).

A seguir, procedeu-se a interpretação de fotografias aéreas nas escalas 1:20.000 e 1:60.000 (USAF). Com o material fotográfico previamente interpretado e transferido para base planialtimétrica na escala 1:20.000, realizou-se, no campo, o reajustamento das delimitações de cada unidade. No decorrer dos trabalhos foram feitas várias atualizações da legenda preliminar, de acordo com o aparecimento de novas unidades ou a eliminação de outras já existentes, por não se verificarem as condições de representatividade como unidade de mapeamento.

Nas prospeções, teve-se o cuidado de registrar todas as variações referentes às classes de solos, incluindo, entre outras, a cor, textura, gradiente textural, tipo e espessura do horizonte A, profundidade do solum, posição do solo na paisagem, forma e comprimento das vertentes. Concomitantemente a essas observações, procedeu-se à coleta de amostras de solo nas profundidades dos horizontes delimitados. Observações complementares em cortes de estrada foram feitas e para cada unidade taxonômica foi descrito e coletado pelo menos um perfil completo.

De posse dos dados analíticos preliminares e com as observações campo, procedeu-se ao ajuste da legenda de identificação dos solos e dos limites preliminares entre as unidades de mapeamento. Em escala 1:20.000, o mapa final de solos da microbacia possui 9 unidades de mapeamento constituídas de unidades taxonômicas simples ou associadas (Tabela 3). Cada unidade desta foi estudada através de perfis representativos.

Tabela 3. Legenda de solos da microbacia do córrego do Saco Santo Antônio – Rio Ubá/RJ.

Simbologia	Legenda das unidades taxonômicas
LAa	Latossolo Amarelo álico A moderado e proeminente, ambos textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.
PEe	Argissolo Vermelho-Escuro Tb eutrófico A chernozêmico, textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.
PVd1	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro ambos Tb distróficos A moderado e proeminente, textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.
PVd2	Associação de Podzólico vermelho-amarelo e Podzólico vermelho-escuro ambos Tb distróficos A moderado e proeminente, textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado e montanhoso.
PVld	Associação de Argissolo vermelho-amarelo latossólico, textura média/argilosa e argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo podzólico, textura argilosa todos distróficos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.
Cd1	Associação de Cambissolo textura média substrato gnaisse e Argissolo vermelho-amarelo textura média/argilosa ambos Tb distróficos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado e montanhoso.
Cd2	Associação de Cambissolo textura média substrato gnaisse e Argissolo vermelho-amarelo textura média/argilosa ambos Tb distróficos A moderado, fase ligeiramente rochosa, floresta tropical subcaducifólia e relevo montanhoso.
Cd3	Associação de Cambissolo eutrófico A chernozêmico + Cambissolo Glêico ambos Tb distróficos A moderado, textura média e argilosa, substrato sedimentos colúvio-aluvionares, fase floresta tropical subperenifólia de várzea e relevo plano e suave e ondulado.
Gpd	Gleissolo Pouco Húmico Tb distrófico A moderado, textura média e argilosa, fase campo tropical hidrófilo de várzea e relevo plano.

Fonte: Embrapa, 1988.

Levantamento dos solos das microbacias de Santa Maria e Cambiocó no município de São José do Ubá, RJ

O levantamento de solos das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó foi realizado pela Embrapa Solos (Bhering, 2005). A primeira fase do trabalho também consistiu de uma pesquisa bibliográfica e, em seguida, percorreu-se toda a área da microbacia estuda, visando a identificação e conceituação das diferentes classes de solos a serem mapeadas. Na execução desta etapa, registraram-se todas as características morfológicas dos perfis de solos e dados referentes à geologia, relevo, clima e vegetação da área. Após correlação das características morfológicas com os fatores de formação dos solos e padrões fisiográficos, elaborou-se a legenda preliminar (Lemos & Santos, 1996). Nessa etapa, contou-se com fotografias aéreas pancromáticas 1: 20.000 (ESAF) e 1:30.000 (CERJ) e mapas planialtimétricos na escala 1:20.000. Uma vez elaborada a legenda, efetuou-se uma fotointepretação preliminar nas fotografias aéreas, delimitando-se as principais unidades fisiográficas. A seguir foi executada pela Agrofoto S.A. a restituição planialimétrica da área, na escala 1:10.000, que se considerou como base cartográfica dos estudos.

Numa segunda etapa, foram feitas prospecções utilizando-se o método de transeptos, em pontos previamente marcados nas fotos, permitindo dirimir dúvidas quanto aos limites estabelecidos e, possibilitando o ajuste da legenda preliminar. Foram descritos e coletados 37 perfis para determinação analítica e realizadas diversas sondagens a trado. As amostras deformadas e indeformadas coletadas dos perfis descritos e das tradagens foram enviadas ao laboratório da Embrapa Solos. Com os resultados dessas análises das amostras enviadas ao laboratório, foi elaborada a legenda de identificação dos solos, na qual as unidades cartográficas são compostas em sua maioria de associações. De posse dos resultados analíticos e com o mapa preliminar de solos já elaborado, procedeu-se a mais uma viagem de correlação para controle de qualidade do trabalho. A fase final dos trabalhos, em andamento, consta da redação do relatório, acertos cartográficos, revisão das descrições e dados analíticos dos perfis, revisão da legenda de identificação dos solos e organização do documento final.

A Tabela 4 apresenta a legenda de identificação dos solos das microbacias de Santa Maria e Cambiocó, São José do Ubá, RJ, descritas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

Tabela 4. Legenda de identificação das unidades taxonômicas de solos identificadas nas sub-bacias de Cambiocó e Santa Maria no município de São José do Ubá – RJ.

Simbologia	Legenda das unidades taxonômicas
GXve	Associação de Gleissolo Háplico Ta e Tb típico textura média/argilosa e Gleissolo Háplico Tb Solódico textura média/argilosa, todos Eutróficos A moderado, relevo plano.
CXve1	Associação de Cambissolo gleico Ta, eutrófico, A moderado, textura média e Planossolo Hidromórfico Arênico A moderado textura arenosa/média, com inclusão de Planossolo Hidromórfico Eutrófico A moderado textura arenosa/média, todos com relevo suave ondulado fase floresta tropical subcaducifólia.
CXve2	Associação de Cambissolo Háplico léptico textura média/argilosa, Neossolo Litólico, textura média, ambos Ta, A moderado e Afloramentos de rocha, todos com relevo forte ondulado e montanhoso fase floresta tropical subcaducifólia.
CXve3	Associação de Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico e léptico, A moderado textura média e média/argilosa e ARGissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico textura média/argilosa e Luvissoilo Hiocrômico Órtico típico textura média/argilosa, ambos A moderado, todos com relevo forte ondulado.
CXbe1	Associação de Cambissolo Háplico lítico, textura média/argilosa e Neossolo Litólico textura média, ambos Tb eutróficos A moderado, com inclusão Afloramentos de Rocha, todos com relevo forte ondulado fase floresta tropical subcaducifólia.
CXbe2	Associação de Cambissolo Háplico típico e léptico e Neossolo Litólico, ambos Tb eutróficos A moderado textura média e média/argilosa, com inclusão de Afloramentos de Rocha, todos com relevo montanhoso fase floresta tropical subcaducifólia.
PVAd	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e eutrófico, típicos, textura média/argilosa e Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico e léptico textura média ambos A moderado, com inclusão de Luvissoilo Hipocrômico órtico típico A moderado textura média/argilosa, todos com relevo forte ondulado, fase floresta tropical subcaducifólia.
PVAc	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico, ambos A moderado, textura média/argilosa, relevo ondulado, fase floresta tropical subcaducifólia.
RLve	Neossolos Litólicos e Cambissolo Háplico léptico ambos Ta, eutróficos, A moderado, textura média, com inclusão de Afloramentos de Rocha, relevo montanhoso, fase floresta tropical subcaducifólia.
AR	Afloramentos de rocha.

Levantamento Físico-Hídrico dos Solos

Metodologia dos trabalhos de campo

A classificação físico-hídrica foi feita a partir das unidades de mapeamento. De acordo com o levantamento de solos das sub-bacias do córrego da Cachoeira (Paty do Alferes) e Santa Maria e Cambiocó (São José do Ubá), foram escolhidos perfis representativos de cada unidade de mapeamento. No local de descrição dos perfis foram feitos testes de infiltração e capacidade de campo. Tais experimentos foram realizados próximos do ponto de abertura do perfil (distância < 10 m). Maiores detalhes sobre o levantamento físico-hídrico da sub-bacia córrego da Cachoeira podem ser encontrados em Brito (2004).

Em cada local, fez-se três repetições (Paty do Alferes) e quatro repetições (São José do Ubá) para o teste de infiltração, ficando estas numa distância máxima de 10 metros entre si. O teste de capacidade de campo foi feito em duas repetições em todas as sub-bacias estudadas, também distanciados entre si de, no máximo, 10 metros, sendo coletadas duas amostras, em cada bacia de inundação, para cada profundidade selecionada de amostragem, de acordo com a distribuição

dos horizontes no perfil. A média dos conteúdos de água dessas amostras definiu a capacidade de campo da respectiva profundidade do solo. A determinação das características físicas como densidade do solo, densidade das partículas, porosidade total e ponto de murcha foram extraídas da descrição do perfil representativo de cada unidade de mapeamento. No caso das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, tais variáveis foram obtidas a partir de amostras deformadas (para a densidade das partículas) e indeformadas (para as demais variáveis) retiradas de dentro das bacias de inundação.

As amostras foram sempre extraídas de acordo com a disposição dos horizontes caracterizados na descrição do perfil de solo. Por exemplo, se o horizonte Bt estivesse entre as profundidades de 40 e 60 cm, extraiu-se uma amostra aos 50 cm para representar este horizonte com faixa de profundidade de $\Delta z = 20$ cm. Feito isso, calculou-se a média ponderada (equação 1) dos valores obtidos para se achar os valores médios nos perfis referentes à Classificação de Superfície (30 cm) Padrão (70 cm), segundo metodologia expressa no item 1.2.

Capacidade de Campo

A capacidade de campo foi determinada pelo Método Direto (Oliveira & Melo, 1971; Embrapa, 1997). Duas microparcelsas ou bacias de inundação, de forma quadrada, foram locadas próximas aos perfis já descritos, para amenizar os problemas de variabilidade espacial dos solos. Em cada microparcela foram coletadas duas amostras em pontos diferentes, para cada profundidade de amostragem. As microparcelsas foram isoladas com engradado de aço galvanizado com dimensões de 1,00 m x 1,00 m x 0,25 m, servindo como bordadura física da área de inundação (1,00 m x 1,00 m), sendo enterradas a 0,10 m de profundidade. As lâminas d'água foram aplicadas em cada ponto de forma a minimamente saturar o perfil até a profundidade estabelecida de 0,70 m. Elas foram aplicadas lentamente sobre um plástico que cobria a área de inundação (posteriormente retirado), para que se minimizasse a erosão, dispersão do solo e um consequente selamento superficial.

Após a infiltração total da água contida na área de inundação, foram retirados os engradados, deixando as áreas umedecidas cobertas com plásticos e com ramos de árvores, objetivando evitar as perdas por evaporação e propiciando a dessecação do perfil apenas por percolação.

Para padronização do método "in situ" da CC, a inundação foi feita no período mais seco do ano. A CC foi considerada como sendo o conteúdo de água volumétrica no solo 48 h após o término da infiltração (Cassel & Nielsen, 1986). Na sub-bacia do córrego da Cachoeira, a determinação do conteúdo de água foi realizada após três horas a lâmina d'água ter-se infiltrado totalmente, sendo a mensuração repetida a cada 24 horas até alcançar o intervalo mínimo de 48 horas, obtendo-se assim, a curva de drenagem do solo. Neste tempo se confirmou uma estabilidade de permanência na umidade do solo em todos os perfis e profundidades. No caso das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, o levantamento da umidade na CC foi realizado apenas uma vez 48 h após a infiltração completa da lâmina aplicada na bacia.

As análises de umidade foram todas feitas pelo método gravimétrico, a partir de amostras de solo coletadas com trado do tipo "holandês", no levantamento da sub-bacia do córrego da Cachoeira. Nesse caso a umidade gravimétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$). No levantamento da sub-bacia de Santa Maria e Cambiocó, a CC volumétrica foi obtida também pelo método gravimétrico, mas diferentemente a partir de amostras indeformadas contidas em anéis de volume conhecido.

Velocidade de Infiltração de Básica (VIB)

A determinação do teste de infiltração foi feita de acordo com o método de duplo anel (Embrapa, 1997). O equipamento para este método consiste de dois anéis, ambos de aço galvanizado, sendo o menor com diâmetro de 25 cm e o maior de 50 cm, ambos com 30 cm de altura. Foram instalados de forma concêntrica, na vertical e fixados a cinco cm de altura, com o auxílio de marreta. Os testes foram feitos com três repetições em Paty do Alferes, e com quatro repetições em São José do Ubá, distanciados no máximo de 10 metros entre si. e próximos da trincheira de descrição de cada perfil representativo

Os dois anéis foram sempre abastecidos ao mesmo tempo, de forma a manter uma mesma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm, com uma oscilação máxima de 2 cm. De acordo com a metodologia, a finalidade do anel externo é reduzir a infiltração lateral, mantendo o fluxo vertical da água dentro do perfil sob o anel interno.

As leituras do nível de água foram realizadas sempre no anel interno. Os testes tiveram continuidade até que se alcançasse uma variação mínima nas três últimas leituras da velocidade de infiltração, o que indicava estabilidade temporal do processo de infiltração. O tempo total de leitura variou com cada solo, já que alguns alcançaram a VIB mais rapidamente que outros. Em nenhum caso, o teste de infiltração durou mais do que seis horas. Geralmente a VIB foi tomada como sendo a média das três últimas leituras da velocidade de infiltração no teste

Ponto de Murcha Permanente (PMP)

Nas duas sub-bacias estudadas, ou seja, a do córrego da Cachoeira e as de Santa Maria e Cambiocó foram coletadas amostras indeformadas (em anéis volumétricos) nas bacias de inundação para a determinação do PMP volumétrico pelo método da câmara de pressão (Embrapa, 1997). As amostras foram obtidas conforme a descrição dos horizontes dos perfis representativos dos solos das unidades de mapeamento.

Porosidade total (n)

Obtida através dos resultados de Densidade do Solo (D_s) e Densidade das Partículas (D_p) pela fórmula (2):

$$n = \left(1 - \frac{D_s}{D_p} \right) \times 100 \quad (2)$$

No levantamento das sub-bacias do Município de São José de Ubá, a D_s foi obtida a partir das mesmas amostras utilizadas na determinação da CC e do PMP, utilizando o método do anel volumétrico (Embrapa, 1997), enquanto que a D_p foi obtida a partir de amostras deformadas coletadas no centro da bacia de inundação, nas mesmas profundidades consideradas para as amostras indeformadas. Na determinação da D_p foi utilizado o método do balão volumétrico (Embrapa, 1997).

Levantamentos e Classificação Físico-Hídricos

Levantamento e classificação físico-hídrica dos solos da sub-bacia do córrego da Cachoeira – Rio Ubá

Numa primeira aproximação, os Argissolos foram agrupados como uma única unidade de mapeamento na classificação físico-hídrica, pois na classificação pedológica, elas diferenciavam-se apenas pelo relevo. Foram eles: Argissolo Vermelho Amarelo (PVd1) com Argissolo Vermelho Amarelo (PVd2). Os solos Cambissolo (CXd1 e CXd2) foram descritos de forma similar no SiBCS, apresentando comportamento físico-hídrico semelhante.

Entretanto, analisando os dados correspondentes aos perfis IP5 e IIP5 (Tabela 5), que estão classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo (Fernandes, 1998), verifica-se que apresentaram comportamento físico-hídrico semelhantes, tanto no atributo de aeração, quanto nas suas disponibilidades hídricas. Os resultados (Tabela 5) mostraram que os dois perfis tiveram uma alta aeração nos 30 e 70 cm de profundidade, não sendo afetados pela VIB, a qual apresentou um valor médio (Tabela 5). Enquanto que a disponibilidade hídrica nos dois tipos de classificação, de acordo com os valores obtidos foi, em ambos os casos, de valor médio. Os perfis IP5 e IIP5 foram considerados, dentro da faixa de variação da classificação proposta, como aerados e mesaquíferos nas classificações de superfície e padrão. Estes foram os melhores solos

para o desenvolvimento de culturas, pois apresentam uma boa aeração e um médio valor de conteúdo de água. Nesse sentido é interessante ressaltar que, mesmo tendo diferentes classificações pedológicas, ambos os solos apresentaram idêntica classificação físico-hídrica. Este resultado levanta o questionamento se a informação explicitada na legenda da classificação pedológica é suficiente em termos de atributos físico-hídricos? e se solos com diferentes classificações pedológicas podem ter comportamentos físico-hídricos semelhantes? Nesse sentido, verifica-se que a inclusão da nomenclatura físico-hídrica na legenda de solos complementaria a nomenclatura do SiBCS, tornando-a mais completa. Verifica-se, também, a importância da nomenclatura do Sistema de Classificação Físico-Hídrica frente a outros sistemas de classificação relacionadas ao uso e manejo do solo.

Em relação às demais unidades de mapeamento, os seguintes perfis representativos (Embrapa, 1988b) foram selecionados como locais de realização dos testes físico-hídricos: PCC1 (LAa), PCC2 (LAa), PCC7 (PV1d), PCC4 (Cd3), PCC13 (Cd3) e PCC11 (GPd).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os perfis acima foram classificados como: Latossolo Amarelo Caulinitico (PCC1), Latossolo Amarelo típico (PCC2), Cambissolo Háplico Tb Distrófico (PCC4), Argissolo Vermelho-Amarelo (PCC7), Gleissolo Háplico Tb Distrófico (PCC11) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico (PCC13), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (IP5) e Cambissolo Háplico (IIP5).

A Tabela 5 apresenta os dados físico-hídricos médios desses solos representativos da sub-bacia para as profundidades de 30 cm e 70 cm, bem como a sua nova simbologia e a classificação físico-hídrica dos mesmos (padrão e de superfície).

A Tabela 6 apresenta a classificação dos solos pelo SiBCS representativos da sub-bacia do córrego da Cachoeira, incluindo a descrição e a nomenclatura físico-hídricas (em negrito). Antes da barra (/), propõe-se que se encerre a descrição do solo, ao nível categórico de família, com a classificação físico-hídrica padrão. A partir da barra, complementa-se a descrição ao nível categórico de série fazendo a caracterização físico-hídrica de superfície. Quando as ordens e/ou classes físico-hídricas forem coincidentes nas classificações padrão e de superfície, propõe-se não repetir sua descrição na legenda do solo. É o caso dos solos LAa, PVd e CXd. A descrição físico-hídrica se encerra com o nome da classe permeabilidade do solo (Otoni Filho, 2003), que pode ser muito lento, lento, moderadamente lento, moderado, moderadamente rápido, rápido ou muito rápido. A regra aqui definida de inserção da descrição físico-hídrica na legenda do solo foi ligeiramente alterada, em relação ao trabalho original de Otoni Filho (2003).

Tabela 5. Dados físico-hídricos dos solos da sub-bacia do córrego da Cachoeira (Paty do Alferes), a partir dos quais são definidas as ordens e classes de solo, tanto da classificação padrão (0-70) quanto de superfície (0-30).

Simbologia (Perfil)	Prof. cm	PT	CC	PM	A	W	VIB (cm h ⁻¹)	Classe de Solo	Ordem de Solo
		%							
LAa (PCC1)	0 - 70	47,2	29,0	26,3	18,2	2,7	5,11	C _{wa}	VI
	0 - 30	49,2	29,0	25,7	20,2	3,3		C _w	V
LAd (PCC2)	0 - 70	47,4	29,4	58,0	18,0	1,4	19,2	C _{wa} ⁻	IX
	0 - 30	48,6	29,0	27,0	19,6	2,0		C _{wa} ⁻	IX
PVa (PCC7)	0 - 70	42,0	25,6	16,1	16,4	9,5	1,04	B _{aw} ⁻	VIII
	0 - 30	47,6	22,5	17,1	25,1	5,4		C _w ⁻	VI
PVd (IP5)	0 - 70	47,1	22,9	16,4	24,2	6,5	2,92	B _w	II
	0 - 30	49,2	22,2	16,1	27,0	6,1		B _w	II
CXd (PCC4)	0 - 70	52,5	37,0	34,0	15,5	3,0	10,4	C _{wa}	VI
	0 - 30	52,5	36,3	34,0	16,2	2,3		C _{wa}	VI
CXdg (PCC13)	0 - 70	36,7	27,0	18,0	9,7	9,0	2,24	C _{aw}	VIII
	0 - 30	37,8	25,4	17,6	12,4	7,8		B _{aw}	IV
CX (IIP5)	0 - 70	46,3	24,6	15,3	21,7	9,3	2,10	B _w	II
	0 - 30	44,1	25,6	17,7	18,5	7,9		B _{aw}	IV
GXd (PCC11)	0 - 30*	45,0	22,8	22,3	22,2	0,5	28,2	C _w ^{+P}	VP
	0 - 30	45,0	22,8	22,3	22,2	0,5		C _w ⁺	V

* Lençol freático a 30 cm de profundidade.

Fonte: Brito (2004).

Tabela 6. Legenda taxonômica de solos + físico-hídrica dos perfis descritos da sub-bacia do córrego da Cachoeira (Paty do Alferes/RJ).

Simbologia	Descrição com caracterização e nomenclatura físico-hídricas
LAa C _{wa} /C _w (PCC1)	Latossolo Amarelo Álico, típico, textura argilosa, A proeminente hipodistrófico, caulinitico, álico, hipoférrico, ácido muito profundo, mesaerado-aquícludo moderado , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado.
LAd C _{wa} ⁻ (PCC2)	Latossolo Amarelo Distrófico, típico, textura argilosa, A proeminente hipodistrófico, caulinitico, hipoférrico, ácido, muito profundo, anaerado-aquícludo moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado.
PVd B _w (IP5)	Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico, típico, textura média/argilosa, A moderado, hipodistrófico, caulinitico, profundo, ácido, aerado-mesaquífero moderado , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado.
CUd X _{wa} (PCC4)	Cambissolo Fúlvico Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, mesodistrófico, caulinitico, hipoférrico, profundo, ácido, fase substrato sedimentos colúvio-aluvionares, mesaerados-aquícludo moderadamente rápido , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado.
CUdg C _{aw} /B _{aw} (PCC13)	Cambissolo Fúlvico Tb Distrófico, gleico, textura média, A moderado, hipodistrófico, misto, ácido, substrato sedimentos colúvio-aluvionares, anaerado-mesaquífero / mesaerado-mesaquífero moderado , fase floresta tropical higrófila de várzea relevo plano.
CXd B _w /B _{aw} (IIP5)	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, caulinitico, profundo neutro, aerado-mesaquífero/mesaerado-mesaquífero moderado , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado.
GXvd C _w ^{+P} /C _w (PCC11)	Gleissolo Háptico Ta Distrófico, neossólico, textura média, A moderado, hipodistrófico, misto, neutro, aerado-aquícludo truncado por freático/aerado-aquícludo muito rápido , fase campo hidrófilo de várzea, relevo plano.

Obs.: a descrição em negrito corresponde à classificação físico-hídrica. Perfis reclassificados por Dr. Humberto Gonçalves dos Santos.

A análise das Tabelas 5 e 6 permite concluir que não existe necessariamente uma correspondência única e direta entre as classificações pedológicas e físico-hídrica. Verifica-se que o Latossolo Amarelo ácrico (LAa) tem variáveis e classificação físico-hídrica muito semelhante às do Cambissolo Háplico (CXd), sendo que a principal diferença é a maior VIB do Cambissolo. Esses dois solos se aproximam, de certa forma, do comportamento físico-hídrico esperado de uma areia típica, pois têm muito baixa água disponível e média aeração. Nesse sentido, ainda mais parecido com uma areia é o Gleissolo (GXd) na superfície, pois este já possui altos, tanto o ar disponível ($A = 22.2\%$), quanto a permeabilidade ($VIB = 28,2 \text{ cm h}^{-1}$). Portanto, são três solos de classificação pedológica distintas, mas relativamente semelhantes em termos físico-hídricos. Solos distintos com melhor status físico-hídrico que os três anteriores, mais ainda assim físico-hidricamente semelhantes entre si, são o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVd) e o Cambissolo Háplico (CX). Eles têm classificação padrão idêntica (Bw moderado) e são solos cuja única limitação físico-hídrica aparente é a média quantidade de água disponível.

Já os dois Latossolos que ocorrem na sub-bacia córrego da Cachoeira têm ar e água disponíveis muito similares entre si e são homogêneos ao longo dos perfis, mas suas permeabilidades e classificações físico-hídricas são distintas, com o Latossolo (LAa) apresentando baixas VIB ($1,92 \text{ cm h}^{-1}$) e aeração. Portanto, este último solo em restrições físico-hídricas marcantes, com baixas disponibilidades de água (como o outro Latossolo) e permeabilidade, ainda que com ar disponível quase no limite de 20%, que marca a transição para o alto ar disponível. Também, os Cambissolos Háplicos (CXd e CXdg), apesar de associados na paisagem, apresentam comportamento físico-hídrico bastante diferenciado. O caráter gleico do último solo possivelmente é o que lhe dá o comportamento anaerado no perfil de 70 cm, ainda que nos primeiros 30 cm de profundidade sua quantidade de ar disponível no perfil seja maior. Já a água disponível deste Cambissolo é cerca de três vezes superior à do outro.

Nesta sub-bacia, os solos PVa, CXdg e GXd apresentam heterogeneidades físico-hídricas relevantes ao longo de seus perfis, que vêm a tona pelas suas diferentes classificações padrão e de superfície. Nos três casos o que acontece é a diminuição do ar disponível com o aumento da profundidade. No Argissolo, isso pode ser explicado pelo gradiente textural do horizonte B. Nos outros dois perfis a explicação vem por conta da dificuldade de drenagem interna das camadas sub-superficiais. Em todos os três casos, a diminuição da capacidade de aeração com a profundidade pode ter implicações agrônômicas relevantes. É tipicamente o caso Gleissolo GXd, que por apresentar o lençol freático alto (a partir dos 30 cm) deverá ter implicações de uso agrônômico distintos, pois na estação seca a presença do lençol freático alto possibilita o desenvolvimento satisfatório da maioria das culturas de ciclo curto, porém na época das águas, poderá apresentar restrições ao pleno desenvolvimento radicular das culturas devido aos problemas de arejamento com a elevação do lençol freático e, conseqüentemente, do encharcamento da região radicular.

A análise anterior permite dizer que a inclusão da descrição físico-hídrica na classificação pedológica permite diferenciar sistematicamente o solo além do quarto nível categórico (subgrupo), tornando possível uma mais completa avaliação do perfil para fins de manejo de terras e práticas agrícolas. Isso respalda a proposta de inclusão da descrição físico-hídrica como critério de enquadramento nos quinto e sexto níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Levantamento e classificação físico-hídrica dos solos das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó, no município de São José do Ubá-RJ

Os testes físico-hídricos na sub-bacia foram realizados em 12 perfis representativos, cujos resultados médios para as profundidades de 70 cm e de 30 cm encontram-se representados na Tabela 7. Estritamente a partir desses resultados médios, obtiveram-se as classes e ordens físico-hídricas dos perfis (Tabela 8). Os perfis da Tabela 8 foram selecionados por serem os que mais representam as principais classes de solo que ocorrem na sub-bacia de Santa Maria e Cambiocó. Estas classes são Cambissolo Háplico (P5 e P22); Cambissolo Gleico (P34); Argissolo Vermelho-Amarelo (P24 e P32); Argissolo Vermelho (P4); Gleissolo Háplico (P21 e P6); Neossolo Litólico (P20); Planossolo Hidromórfico (P15 e P36); Luvissole Hipocrômico (P27). A Tabela 8 apresenta tais solos, incluindo a descrição e a nomenclatura físico-hídricas.

Tabela 7. Dados físico-hídricos dos solos das sub-bacia de Santa Maria e Cambiocó (São José de Ubá/RJ), a partir dos quais são definidas as ordens e classes de solo, tanto da classificação físico-hídrica padrão (0-70) quanto de superfície (0-30).

Simbologia (Perfil)	Prof. cm	PT	CC	PM (%)	A	W	VI (cm h ⁻¹)	Classe de solo	Ordem de solo
CXe (P5)	0-50*	46,9	20,5	11,3	26,4	9,2	1,89	B _w R	IVR
SX (P15)	0-30	47,8	21,9	10,9	25,9	11,0		B _w ⁻	IV
CX (P22)	0-70	45,6	17,3	6,5	28,3	10,8	7,24	B _w	II
GX (P21)	0-30	15,6	15,9	4,8	29,7	11,1		B _w	II
PV (P4)	0-60**	45,3	29,4	21,6	15,9	7,8	2,19	B _{aw} R	IVR
PV (P24)	0-30	46,9	28,2	18,9	18,7	9,32		B _{aw}	IV
GX (P6)	0-70	44,7	36,8	28,7	7,9	8,1	0,66	C _{aw} ⁻	VIII
PV (P32)	0-30	43,2	32,3	21,9	10,9	10,4		C _{aw} ⁻	VIII
PV (P34)	0-70	41,3	34,4	26,6	6,9	7,8	1,00	C _{aw} ⁻	VIII
PV (P36)	0-30	39,5	30,0	20,5	9,5	9,5		C _{aw} ⁻	VIII
GX (P27)	0-70	43,4	34,5	28,8	8,9	6,7	1,21	C _{aw} ⁻	VIII
GX (P20)	0-30	41,9	29,3	20,3	12,6	9,0		B _{aw} ⁻	VIII
PV (P06)	0-70	40,3	18,8	18,6	21,5	0,2	0,55	C _w ⁻	VI
PV (P15)	0-30	38,9	17,7	15,5	21,2	2,2		C _w ⁻	VI
PV (P32)	0-70	48,1	24,6	21,6	23,5	3,0	1,53	C _w ⁻	VI
PV (P34)	0-30	50,8	21,1	18,7	29,7	2,4		C _w ⁻	VI
PV (P36)	0-70	42,4	19,3	15,6	23,1	3,7	0,38	C _w ⁻	VI
TPo (P27)	0-30	44,5	19,5	15,0	25,0	4,5		C _w ⁻	VI
TPo (P20)	0-70	45,9	24,8	23,1	21,1	1,7	1,68	C _w ⁻	VI
TPo (P27)	0-30	47,6	24,4	20,1	23,2	4,3		C _w ⁻	VI
RLe (P20)	0-30***	46,9	23,2	18,0	23,7	5,2	1,18	C _w R	VIR
SX (P36)	0-30	46,9	23,2	18,0	23,7	5,2		C _w ⁻	VI
SX (P36)	0-70	38,9	25,0	16,5	13,9	8,5	7,78	B _{aw}	IV
SX (P36)	0-30	39,9	20,9	10,4	19,0	10,5		B _{aw}	IV

Obs.: * Transição para a rocha a 50 cm de profundidade.; ** Transição para a rocha a 60 cm de profundidade. *** Rocha a 30 cm de profundidade.

Tabela 8. Legenda taxonômicas de solos + físico-hídricas dos perfis descritos das sub-bacias de Cambiocó e Santa Maria no município de São José do Ubá – RJ.

Simbologia	Descrição com Caracterização e Nomenclatura Físico-Hídricas
CXe B _w ⁻ /R/B _w ⁻ (P5)	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico textura média/argilosa A moderado, mesaerado-mesaquífero truncado por rocha / mesaerado-mesaquífero moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado a forte ondulado.
CXe B _{aw} /R/B _{aw} (P22)	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico textura média/argilosa A moderado, mesaerado-mesaquífero truncado por rocha / mesaerado-mesaquífero moderadamente moderado , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado a forte ondulado.
CXveg C _w ⁻ (P34)	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico gleico textura média A moderado, mesaerado-aquícludo moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.
PHd B _w (P15)	Planossolo Hidromórfico Tb Distrófico arênico textura arenosa/média A moderado aerado-mesaquífero moderadamente rápido , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado.
PHd B _{aw} (P36)	Planossolo Hidromórfico Tb Distrófico arênico textura arenosa/média A moderado mesaerado-mesaquífero moderadamente rápido , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado.
PVd C _{aw} ⁻ (P04)	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura média/argilosa A moderado anaerado-mesaquífero moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado a forte ondulado.
PVe C _{aw} ⁻ /B _{aw} ⁻ (P24)	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura média/muito argilosa A moderado anaerado-mesaquífero moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
GXve C _{aw} ⁻ /B _{wa} ⁻ (P21)	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico textura média/argilosa A moderado, anaerado-mesaquífero moderadamente lento , fase floresta tropical de várzea, relevo plano.
GXe C _w ⁻ (P06)	Gleissolo Háptico Tb Eutrófico solódico textura média/argilosa A moderado, mesaerado-aquícludo moderadamente lento , fase floresta tropical de várzea, relevo plano.
PVe C _w ⁻ (P32)	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico textura argilosa A moderado mesaerado-aquícludo moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia, relevo fortemente ondulado.
TPo C _w ⁻ (P27)	Luvissolo Hipocrômico órtico típico textura média A moderado, mesaquífero-aquícludo moderadamente lento , fase floresta tropical subcaducifólia relevo ondulado a montanhoso.
Re C _w ⁻ /R/C _w ⁻ (P20)	Neossolo Litófico Tb Eutrófico textura média A moderado mesaerado-aquícludo truncado por rocha / mesaerado-aquícludo moderadamente lento, fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado.

Obs.: a descrição em negrito corresponde à classificação físico-hídrica.

A Tabela 8 mostra que os perfis P5, P22 e P34 representam os Cambissolos Háplicos das sub-bacias, que são solos que se distinguem pelo relevo e pela restrição de drenagem (gleico), enquanto que os perfis P15 e P36 representam os Planossolos Hidromórficos. O que distingue entre si, em termos físico-hídricos, os elementos dos Cambissolos é a permeabilidade (VIB) que varia de moderada a moderadamente lenta e quanto à disponibilidade hídrica, que varia de mesaquífero e aquícludo, não havendo diferenças quanto à disponibilidade de ar. A utilização da metodologia físico-hídrica e, conseqüentemente, da sua nomenclatura forneceram informações importantes para os usos com irrigação e manejo do solo e da cultura, que não estariam explicitadas, em termos quantitativos, na nomenclatura do SiBCS. Quanto aos Planossolos, a variável que os distingue entre si é a diferença quanto a disponibilidade de ar do P15 (aerado) em relação ao P36 (mesaerado).

Cinco outros perfis representativos foram classificados como solos mesaerados-aquícludos, com ou sem presença de camada R (ordens VIR e VI). São solos de comportamento físico-hídrico idêntico (classes C_w ou C_wR), constituindo-se de materiais cuja principal limitação físico-hídrica, além do caráter léptico do Neossolo (P20), é a baixa disponibilidade de água. Ou seja, são solos que devem facilmente impor condições de estresse hídrico vegetal em períodos secos (a não ser que haja irrigação). Digno de menção entre tais perfis é o Neossolo Litólico (P20), pois devido a ser um solo raso, sua revegetação deverá ser dificultada pela restrição hídrica que apresenta. Outro fato a ser notado nesses cinco perfis é a baixa permeabilidade (VIB) dos mesmos, particularmente no Cambissolos Gleico (P34) e Gleissolo Háplico (P6)

Chamando atenção para o caráter de independência do Sistema de Classificação Físico-Hídrica em relação ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, nota-se que os cinco perfis do parágrafo anterior, apesar de sua idêntica classificação físico-hídrica, constituem-se em cinco classes pedológicas distintas (Gleissolo Háplico, Argissolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos Gleico, Luvissole Hipocrômico e Neossolo Litólico). Esse caráter de independência reforça a tese de que o primeiro Sistema possa ser utilizado complementarmente ao segundo, nos níveis categóricos mais baixos.

Um último grupo de perfis representativos nas sub-bacias é formado por solos anaerado-aquícludos (ordem VIII), também com classificações físico-hídricas quase idênticas entre si, mas de classes pedológicas distintas (Gleissolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo). Tais perfis têm um grau de limitação físico-hídrica marcante na aeração, pois são solos com baixa disponibilidade de ar (sempre abaixo de 10% no perfil de 70 cm) e baixa VIB. Em períodos chuvosos, esses solos devem ter uma tendência de encharcar e de drenar muito lentamente, o que dificulta as trocas gasosas entre as rizosferas e a atmosfera, o que pode vir provocar problemas no desenvolvimento vegetal e queda de produtividade agrícola.

A principal heterogeneidade físico-hídrica vertical ao longo dos perfis representativos das sub-bacias de Santa Maria e Cambiocó é a presença do horizonte R em duas classes de solo especialmente significativas, o Neossolo Litólico e o Cambissolo Háplico, sendo assim, bastante próximas às Classificações Padrão e de Superfície desse conjunto de solos.

Conclusões e Recomendações

A aplicação do Sistema de Classificação Físico-Hídrica nas três sub-bacias estudadas (uma em Paty do Alferes e duas em São José de Ubá), todas no Estado do Rio de Janeiro, indicou que ele pode se constituir numa ferramenta útil quanto ao entendimento dos processos pedogenéticos e à caracterização da aptidão agrícola dos solos, no que se refere à estrutura física dos perfis e à capacidade dos mesmos de dispor ar e água às raízes vegetais.

A caracterização físico-hídrica tornou possível identificar nas sub-bacias estudadas aquelas unidades de solo que tendem ou não a apresentar limitações de aeração e/ou de hidratação às raízes.

A proposta de inclusão do Sistema de Classificação Físico-Hídrica nos níveis categóricos mais baixos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos apresenta a vantagem de permitir a agregação sistemática de informações sobre a estrutura do solo no que diz respeito à sua capacidade de dispor ar e água às rizosferas. Esse caráter edafológico de grande importância justifica a proposta de inclusão da caracterização físico-hídrica nos níveis categóricos de família e série do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, tornando-o mais completo e aplicável às suas operações de uso e manejo das terras.

Referências Bibliográficas

- BHERING, S.B.; PEREIRO, N.R.; MACEDO, J.R.; CHAGAS, C.S. SILVA, E.F.; PRADO, R.B.; NETO, N.C.S. Caracterização edafológica das sub-bacias de Cambiocó e Santa Maria no município de São José de Ubá, região noroeste do Estado do Rio de Janeiro para fins de planejamento conservacionistas. **Anais**. CD-ROM. In. XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Pernambuco. Resumo expandido. Pernambuco. PE. 2005.
- BRITO, F.S. **Classificação físico-hídrica dos solos da microbacia Córrego da Cachoeira no município de Paty do Alferes – RJ**. Dissertação de mestrado. UFRRJ, Seropédica. 2004. 85p.
- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987.
- CARVALHO, A.P. Conceituação de Latossolo Bruno. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, Rio de Janeiro. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS**. Rio de Janeiro, 1982. p.16-18. (Circular Técnica, 1).
- CASSEL, D.K. & NIELSEN, D.R. **Field capacity and available water capacity**. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part I. Madison, Amer. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am., p.901-929. 1986.;
- CEZAR, L.H.S. A horticultura do tomate e a organização do território em São José de Ubá – Noroeste Fluminense. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. **Dissertação de Mestrado em Ciências**. 137p. 2001
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Planejamento Ambiental Integrado das Bacias Hidrográficas do Município de Paty do Alferes, RJ**. III Workshop Nacional de Agricultura Sustentável em Regiões Tropicais de Relevância Acidentada; Boletim de Pesquisa, 9, Dezembro, 1998. cd rom.;
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Embrapa Solos, 1999. 412p.: il.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos, Rio de Janeiro. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988. 2ed. rev. 54p. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 3).
- FERNANDES, J.C.; GARRIDO, C.A. **Economia**, Niterói (RJ). v.2, n.2, 448p. jul./dez. 2001
- LEMOS, R.C. de; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.
- MACEDO, J.R.; OTTONI FILHO, T.B.; BRITO, F.S.; OTTONI, M.V.; BHERING, S.B.; PEREIRA, N.R.; PALMIERI, F.; dos ANJOS, L.H.C. Contribuição ao sistema brasileiro de classificação de solos com a inclusão da nomenclatura físico-hídrica nos 5° e 6° níveis categóricos. **Anais**. CD-ROM. In. XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Pernambuco. Resumo expandido. Pernambuco. PE. 2005.
- OLIVEIRA, L.B; MELO, V. **Estudo da disponibilidade de água em um solo da estação experimental de Itapirema, Pernambuco**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, 1971, 6, 31-37.
- OLIVEIRA, J.G. Reflexões sobre critérios diagnósticos para níveis categóricos mais baixos e sobre designação de horizontes. **Anais**. CD-ROM. In. XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Pernambuco. Palestra. Pernambuco. PE. 2005
- OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. **Rev. Bras. De Ciência do Solo**. V.27 p. 211-222. 2003.
- RAMALHO, F. & BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª.ed. Embrapa. 65p. 1995.