

Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG)

Hydrological dynamics of two springs, associated to land use, soil characteristics and physical-hydrological attributes at Lavrinha creek watershed – Mantiqueira Mountains (MG)

Michele Duarte de Menezes¹, José Alves Junqueira Júnior², Carlos Rogério de Mello³, Antônio Marciano da Silva³, Nilton Curi⁴ e João José Marques⁴

Resumo

Este trabalho foi realizado com o intuito de analisar a dinâmica hidrológica de duas nascentes, na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, MG, com distintas coberturas vegetais, sendo uma sob mata nativa (Mata Atlântica) e a outra, sob pastagem. Para analisar o funcionamento dessas áreas de recarga, as vazões específicas foram mensuradas ao longo do período seco, as características pedológicas e de declive foram levantadas, além da variabilidade espacial da densidade do solo, condutividade hidráulica, porosidade drenável e matéria orgânica, atributos que estão vinculados às condições de recarga. A dinâmica dos valores dos atributos físicos e físico-hídricos mostrou coerência com a dinâmica do rendimento específico das nascentes. O uso do solo nas áreas de recarga das nascentes influenciou o valor e a dinâmica temporal da vazão específica das mesmas. Para estudos da dinâmica da água nesta região (Serra da Mantiqueira), além do uso do solo, é necessário considerar as condições fisiográficas associadas às condições pedológicas e topográficas.

Palavras-chave: Recarga de aquíferos, Levantamento pedológico, Variabilidade espacial, Nascentes, Uso do solo

Abstract

This work was performed with the objective of monitoring the hydrological dynamics of two springs at Lavrinha (MG) creek watershed, which have distinct vegetation: one covered with native forest (Atlantic Forest) and the other with pasture. In order to analyse the functioning of these water recharge, the specific water yields were measured during the dry period; the soil and topographic characteristics were surveyed; the spatial variability of soil density, hydraulic conductivity, draining porosity and organic matter, which are associated to recharge conditions. The dynamics of values of physical and physical-hydrological values were coherent with the dynamics of spring specific yield. The land use of springs recharge areas influenced the value and the seasonal dynamics of their specific yield. For studies involving water dynamics in this region (Mantiqueira Mountains), aside from the land use, it is necessary to consider the physiographical conditions associated to soil and topographic conditions.

Keywords: Aquifer recharge, Soil survey, Spatial variability, Springs, Land use

INTRODUÇÃO

Os usos múltiplos da água são crescentes, e a água subterrânea vem assumindo importância cada vez mais relevante como fonte de abastecimento, devido a uma série de fatores que restringem a utilização das águas super-

ficiais, como sua escassez, poluição ou contaminação (VIVACQUA, 2005). Para que esse uso seja sustentável, é necessário compreender como ocorrem os processos que promovem a recarga subterrânea dessas águas, e os fatores que o influenciam, para uma melhor gestão desses recursos.

¹Mestre pelo Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 - E-mail: michele_duarte@ig.com.br

²Mestre - Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Cuiabá - Setor de Agricultura - Br 364 - Km 329 - Cuiabá, MT - 78106-000 – E-mail: junqueirajunior@yahoo.com.br

³Professor Doutor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 – E-mail: crmello@ufla.br; marciano@ufla.br

⁴Professor Doutor do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 – E-mail: niltoncuri@ufla.br; jmarques@ufla.br

Estudos sobre o uso e ocupação do solo em áreas de recarga de nascentes são escassos (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2006). No entanto, são cada vez mais necessários. O uso do solo pode alterar a qualidade e quantidade de água, além de influenciar o armazenamento de água subterrânea e o regime da nascente e dos cursos d'água (PINTO *et al.*, 2004). Nesse contexto se insere o levantamento pedológico, que fornece bases para agrupar solos que têm funcionalidade semelhante.

O solo funciona como um reservatório dinâmico de água, onde suas características podem influenciar esse sistema de partição de água, especialmente infiltração, afetando de forma direta o processo de recarga de aquíferos, uma vez que este está diretamente associado a atributos do solo que governam sua capacidade de infiltração, seu uso e a sua posição na paisagem. Deve-se, portanto, analisar o efeito que as características dos solos como corpos tridimensionais que possuem profundidade e relevo, exercem nesses aspectos (RESENDE *et al.*, 1998).

Deve-se ressaltar que nesses processos a bacia hidrográfica deve absorver a maior parte dessa água, armazená-la em seu lençol subterrâneo e, paulatinamente, cedê-la aos cursos d'água, mantendo adequada vazão durante os períodos de seca (VALENTE e CASTRO, 1983) ou mesmo em períodos com elevados índices de pluviosidade. Quando se trata de nascentes, além da quantidade, é desejável uma boa distribuição no tempo, ou seja, que a variação da vazão situe-se dentro de um mínimo adequado ao longo do ano.

Ainda com relação aos aspectos relacionados ao solo, deve-se considerar o papel da vegetação na influência de atributos físico-hídricos, com conseqüente reflexo na dinâmica da água. Schuller (2003), em estudos em microbacias no estado do Pará, com diferentes tipos de vegetação, observou redução na condutividade hidráulica e na porosidade do solo sob pastagem em relação à floresta, o que proporcionou o aumento do escoamento superficial.

Desse modo, a produção de água de duas nascentes foi mensurada no período seco. Atri-

butos pedológicos, de uso dos solos e a variabilidade espacial de atributos físico-hídricos foram utilizados para o embasamento de estudos hidrológicos, proporcionando uma análise interdisciplinar para a interpretação das condições de recarga de aquíferos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, na região da Serra da Mantiqueira, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o embasamento do estudo hidrológico foram analisados dados em um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), no qual foram atribuídos valores a atributos relevantes à potencialidade na recarga de aquíferos. Cada unidade homogênea recebeu um valor numérico, onde valores mais baixos denotam baixa potencialidade de recarga de aquíferos, e vice-versa. A metodologia foi proposta por Araújo (2006), com adaptações para a sub-bacia em questão.

Foram utilizados três critérios básicos dentro de cada unidade de mapeamento: classe de solo, tipo de horizonte A e fase de relevo. (Tabela 1) **a) Classes de solos quanto à profundidade:** de modo geral, em solos rasos e/ou pouco desenvolvidos pedologicamente há maiores impedimentos à infiltração, elevados teores de silte em relação à argila, sendo mais sujeitos ao escoamento superficial e erosão. O contrário ocorre em solos mais profundos e desenvolvidos pedologicamente.

b) Tipos de horizonte A: os principais critérios para sua classificação são profundidade e teor de carbono orgânico (EMBRAPA, 2006). Em um perfil de solo, o horizonte A geralmente apresenta maiores teores de matéria orgânica, que é de suma importância na atenuação do impacto direto das gotas de chuva, evitando o encrustamento e salpicamento das partículas do solo, alterando a distribuição de poros, facilitando a infiltração e conseqüentemente criando condições favoráveis à recarga de aquíferos (MORAES *et al.*, 2003). Esse horizonte pode sofrer modificações ao longo do tempo devido ao uso antrópico.

Tabela 1. Valores atribuídos aos critérios selecionados para interpretação da recarga de aquíferos na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha (adaptado de ARAÚJO, 2006).

Table 1. Values attributed to the criteria selected for aquifer recharge interpretation at Lavrinha creek watershed (adapted from ARAÚJO, 2006).

Valor	a) Classes de solo ¹	b) Tipos de horizonte A	c) Fases de relevo
1	Solos rasos (CX, RL)	A fraco	Montanhoso
2	CH	A moderado	Ondulado e forte ondulado
3	Solos intermediários (C em associação com L)	A proeminente	Plano e suave ondulado
4	Solos profundos (L, G e RY)	-	-

¹) CX – Cambissolo Háptico; RL – Neossolo Litólico; CH – Cambissolo Húmico; C- Cambissolo; L – Latossolo; G – Gleissolo; RY – Neossolo Flúvico.

c) **Fases de relevo:** em condições equiparáveis, quanto maior a declividade, maior o escoamento superficial, menor a infiltração e, conseqüentemente, menor a capacidade do solo com respeito à promoção de recarga de aquíferos. O contrário ocorre em relevos mais planos. Ranzini *et al.* (2004), em estudos em uma sub-bacia sob Mata Atlântica, onde ocorreram Cambissolos em relevo acidentado, justificaram o baixo potencial de recarga de aquíferos nessas áreas, onde o potencial gravitacional da água nesses solos é bem maior em relação às áreas mais baixas, de referência. Isso aumenta o escoamento subsuperficial, reduzindo a infiltração da água em maiores profundidades.

Os valores atribuídos para classe de solo quanto à profundidade, aos tipos de horizonte A e as fases de relevo são multiplicados. Valores entre 1 e 6 são considerados como de baixo potencial de recarga de aquíferos; entre 7 e 12, como de médio potencial; e entre 13 e 36, como de alto potencial de recarga de aquíferos. A Tabela 2 apresenta as classes de solo e atributos

relacionados ao potencial qualitativo de recarga espacial dos solos na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha. A distribuição espacial dos solos pode ser vista na Figura 1.

Com o objetivo de promover uma análise das condições hidrológicas da sub-bacia, foi realizado, durante o período seco de 2004 e 2005, o monitoramento da vazão específica de duas nascentes representativas do uso do solo nas suas respectivas cabeceiras, sendo uma sob pastagem e outra sob Mata Atlântica, ambas com área de recarga na mesma unidade pedológica (Cambissolo Háptico, com horizonte A moderado, em relevo montanhoso). Foram gerados hidrogramas de escoamento de base com periodicidade quinzenal, utilizando-se calha tipo Parshall. Esse monitoramento contínuo é fundamental para a compreensão do processo de recarga, com base em informações hidrológicas associadas a dados físicos, pedológicos e de uso do solo. Dados climatológicos, como a precipitação e a evapotranspiração potencial, foram monitorados por uma estação meteorológica

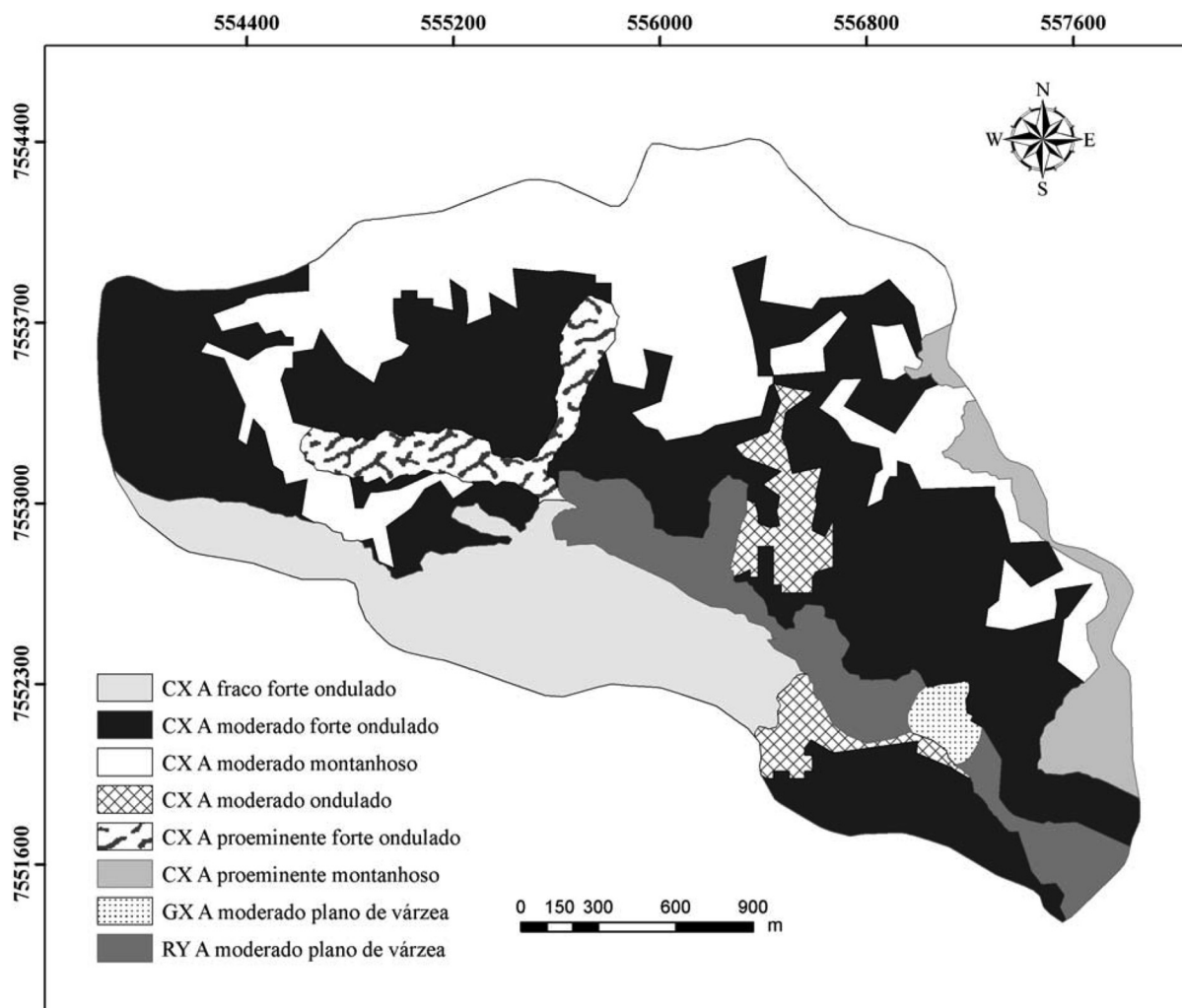


Figura 1. Mapa de solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, Serra da Mantiqueira, MG.
Figure 1. Soils map of the Lavrinha creek watershed, Mantiqueira Mountains, MG.

Tabela 2. Classes de solos, tipos de horizonte A, profundidade, textura, fases de relevo, potencial de recarga e suas respectivas extensões (ha) e porcentagens na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

Table 2. Soil classes, type of A horizon, depth, texture, topographic phases, recharge potential and respective extensions (ha) and percentages at Lavrinha creek watershed.

Classes de solos ¹	Tipos de horizonte A	Profundidade	Textura ²	Fases de relevo	Potencial de recarga	Área (ha)	%
CX	Fraco	moderadamente profundo	m/m/m	forte ondulado	baixo	94,2	13,7
CX	Moderado	moderadamente profundo	m/m/m	forte ondulado	baixo	281,4	41,0
CX	Moderado	moderadamente profundo	m/m/m	montanhoso	baixo	183,0	26,6
CX	Moderado	moderadamente profundo	m/m/m	ondulado	baixo	23,0	3,3
CX	Proeminente	moderadamente profundo	m/m/m	forte ondulado	baixo	24,0	3,5
CX	Proeminente	moderadamente profundo	m/m/m	montanhoso	baixo	27,0	3,9
RY	Moderado	profundo	a/a/m	plano	alto	48,6	7,1
GX	Moderado	profundo	m/m/m	plano	alto	5,8	0,8
Total						687,0	100,0

⁽¹⁾ CX – Cambissolo Háplico; RY – Neossolo Flúvico; GX – Gleissolo Háplico.

⁽²⁾ m - média; a - arenosa

automática (Campbell Scientific, INC, modelo "WeatherHawk") com sensores de temperatura e umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, radiação solar global incidente, precipitação, pressão barométrica e densidade do ar.

Na Tabela 3 apresentam-se os usos atuais do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha, enquanto sua distribuição espacial e a localização das nascentes (N1 e N2) sob monitoramento da vazão específica são mostrados na Figura 2.

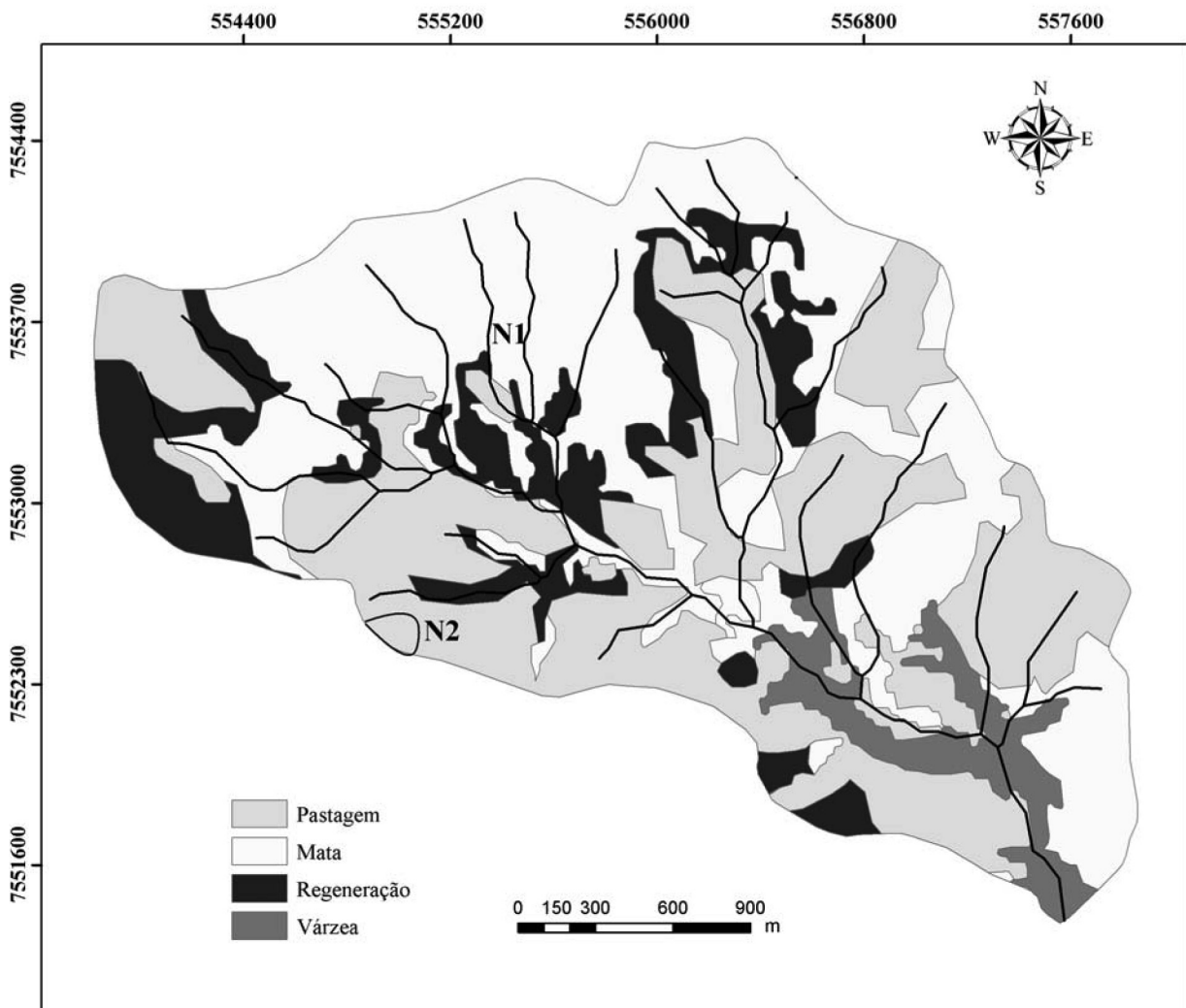


Figura 2. Mapa de uso atual do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha.

Figure 2. Current land use map at Lavrinha creek watershed.

Tabela 3. Uso atual do solo na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

Table 3. Current land use at Lavrinha creek watershed.

Uso atual	Área (ha)	Percentual (%)
Mata Nativa	284,8	41,5
Regeneração	90,9	13,2
Pastagem	277,8	40,4
Vegetação de várzea	33,5	4,9
Total	687,0	100

Foram mensurados atributos físico-hídricos que estão associados ao processo de recarga subterrânea. A densidade do solo foi determinada de acordo com Embrapa (1997). A matéria orgânica foi determinada conforme Walkley e Black (1934). A porosidade drenável foi obtida conforme Mello *et al.* (2002). A condutividade hidráulica saturada foi determinada seguindo instruções de Gomes (2005). Com base neste levantamento, foram gerados mapas para densidade do solo, matéria orgânica, porosidade drenável e condutividade hidráulica saturada, aplicando-se técnicas geoestatísticas, notadamente a krigagem ordinária, conforme Junqueira Junior (2006). Para tanto, foi aplicado o programa estatístico R, por meio do pacote GeoR (RIBEIRO JUNIOR e DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise das condições de recarga de aquíferos sob o ponto de vista pedológico

No contexto dos parâmetros pedológicos, a sub-bacia apresenta baixo potencial de recarga de aquíferos uma vez que a mesma tem 92,07% de sua extensão composta por Cambissolos e elevadas declividades (predomínio de relevo forte ondulado e montanhoso). Estes solos apresentam pequena profundidade, baixa infiltração de água no solo, baixa capacidade de armazenamento de água, acentuada tendência ao encrostamento (impermeabilização superficial), e alta suscetibilidade à erosão hídrica (ALMEIDA e RESENDE, 1985; CURI *et al.*, 1994; SANTOS *et al.*, 1998), constituindo sérias limitações ambientais a recarga de aquíferos.

Uma consideração importante em relação aos Cambissolos dessa sub-bacia é que eles apresentam, de acordo com o perfil modal descrito e pontos de prospecção (microtrincheiras), maiores profundidades que os demais Cambissolos da Bacia do Alto Rio Grande, indicando, neste aspecto, maior potencial de recarga (ARAÚJO, 2006; MENEZES, 2007). Deve-se destacar ainda que as unidades litológicas do Grupo Andrelândia, onde

está inserida a sub-bacia em questão, apresentam-se bastante fraturadas (CETEC, 1983), implicando em manutenção da qualidade maior e abundância relativa das águas dessa sub-bacia

Já os Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos apresentam bom potencial de recarga por estarem em paisagens mais planas favorecendo a infiltração, e principalmente, recebendo maior fluxo de água das áreas circundantes de maior declive. Entretanto, esses solos representam apenas 8% da área total, uma parcela pouco significativa e de baixa efetividade relativa para recarga de aquíferos na sub-bacia hidrográfica.

Análise das condições climáticas e produção de água de nascentes

É importante destacar que o escoamento de base na região do Alto Rio Grande é essencialmente alimentado pela drenagem do aquífero superficial, o qual sofre recarga direta e é influenciado basicamente pelo ciclo hidrológico anual. Isto significa que o regime de escoamento na sub-bacia hidrográfica é dependente das condições de precipitação do ano anterior e das características pedológicas e de uso do solo. De acordo com resultados de outros estudos, há evidências de que o aquífero geológico não participa do escoamento de base. Através de monitoramento da qualidade da água conduzido no período de estiagem (escoamento essencialmente subterrâneo), Pinto (2007) detectou baixa condutividade elétrica ($< 90 \mu\text{S cm}^{-1}$) e pouca oscilação da temperatura (15 - 20° C).

Além dos aspectos associados às classes de solos, é imperativo considerar a influência do balanço hídrico na sub-bacia hidrográfica e o tipo de cobertura vegetal predominante localizado junto à Serra da Mantiqueira, com excedentes hídricos consideravelmente elevados, o que contribui de forma significativa para o escoamento de base na região.

A distribuição mensal das chuvas bem como da evapotranspiração potencial (ET) relativa a toda área de estudo, foi obtida pela estação meteorológica instalada na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha. Desse modo, foi obtida a série para o ano de 2005, nos meses de janeiro a dezembro, estimado pelo método de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 1998) (Figura 3).

Observa-se concentração das chuvas no período de novembro a fevereiro, sendo este período responsável pelo abastecimento de água subterrânea na região como um todo. Foi verificado um total precipitado de 2000 mm nesse período, e

1060 mm para a ET. Com isto, é possível constatar um excedente hídrico elevado, o qual reflete na capacidade produtiva das nascentes. Durante o período de inverno, verificam-se totais precipitados inferiores, com chuvas escassas e com pouco reflexo no processo de recarga, especialmente na condição de Mata Atlântica, que apresenta interceptação média de chuva de 28% (114 mm), características dessa época do ano (MELLO *et al.*, 2007). Além desse aspecto, o consumo de água pelas plantas nesse período é superior à entrada de precipitação, o que se refletirá na manutenção do escoamento de base na sub-bacia hidrográfica durante o período seco.

A dinâmica das vazões específicas durante o período seco, para os anos de 2004 e 2005, em duas nascentes da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha está apresentada na Figura 4, na qual uma nascente é representativa do uso do solo na zona de recarga baseado em Mata Atlântica (N1) e outra, em pastagem (N2), sendo ambas em Cambissolo Háplico. Com isso, é possível avaliar a influência do uso do solo na dinâmica da vazão de nascentes. Os dados estão expressos por unidade de área ($L s^{-1} ha^{-1}$).

Analisando os dados de vazão específica ao longo do período seco, observa-se que a nascente N1 possui um processo de depleção natural consideravelmente maior, em valores absolutos, ao observado para a nascente sob pastagem, a qual, durante o ano de 2005, atingiu valores próximos a zero, ou seja, praticamente secando nos meses de agosto a outubro. Essa flutuação não foi observada para a nascente sob Mata Atlântica, a qual se manteve produtiva apesar do período seco prolongado.

Ainda no contexto da nascente sob Mata Atlântica, os atributos pedológicos previamente considerados não controlam o processo de recarga da mesma forma que na nascente sob pastagem. Mesmo com a maior parte da área apresentando características pedológicas e de declive que denotam baixa potencialidade de recarga de aquíferos, este efeito deve ter sido atenuado pela mata na nascente ocupada por Mata Atlântica, resultando em impacto significativo na dinâmica hidrológica da nascente.

Pinto *et al.* (2004) encontraram maiores vazões nas nascentes com uso do solo sob mata nativa em relação às áreas de pastagem. Segundo os autores, a mata nativa propiciou uma maior infiltração das águas das chuvas no solo, com conseqüente recarga de aquíferos e alimentação das nascentes, impedindo que estas águas sejam drenadas para o leito dos rios. De acordo com Castro *et al.* (1999), a floresta é importante para a estabilidade das vertentes formadoras de nascentes, aumentando a infiltração da água no solo e diminuindo a erosão hídrica.

E ainda, Junqueira Junior (2006), estudando atributos físicos do solo na sub-bacia em questão, constatou a existência de uma serapilheira espessa nas áreas sob mata nativa. A cobertura proporcionada pela serapilheira reduz a amplitude térmica, reduz a evaporação de água do solo e retém parte da água precipitada antes desta atingir o solo (FACELLI e PICKETT, 1991). Essa situação promove fornecimento lento de água aos aquíferos freáticos durante o processo de recarga, o que tende a contribuir para a manutenção do escoamento durante o período seco, tornando-o mais perene.

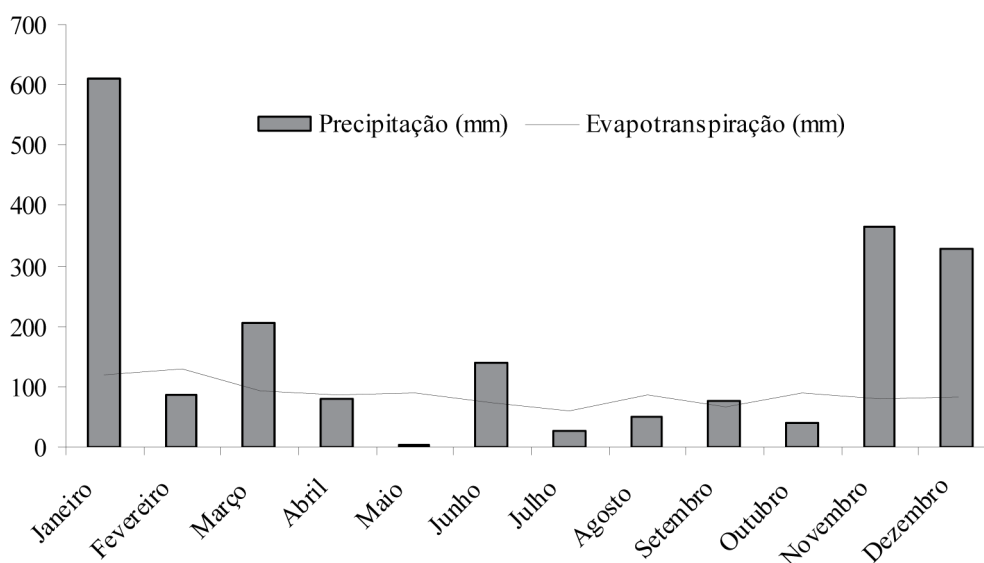


Figura 3. Distribuição mensal da precipitação e evapotranspiração potencial para o ano de 2005 na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha.

Figure 3. Monthly precipitation and potential evapotranspiration in the year 2005 at Lavrinha creek watershed.

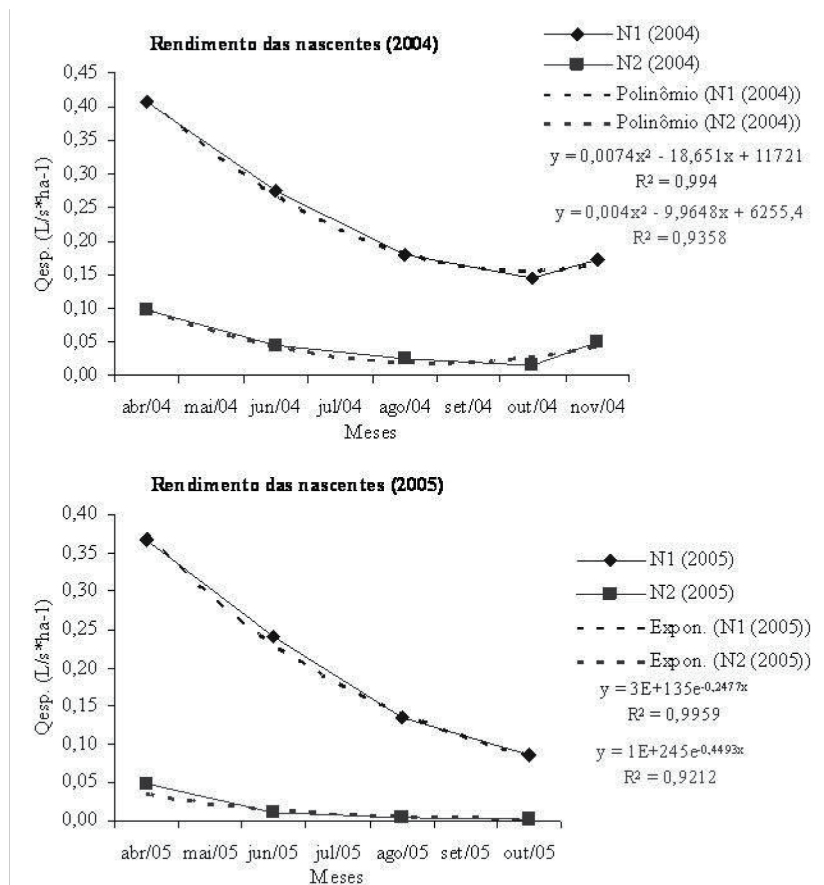


Figura 4. Dinâmica da vazão específica, em $Ls^{-1}ha^{-1}$, de duas nascentes da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha.
Figure 4. Specific water yield, in $Ls^{-1}ha^{-1}$, of two springs in the Lavrinha creek watershed.

Além disso, o depósito de serapilheira contribui para o incremento da matéria orgânica do solo, proporcionando uma melhor formação, estruturação e estabilização dos agregados (CAMPOS *et al.*, 1995), bem como a melhoria nos atributos físicos e físico-hídricos relacionados ao processo de infiltração. Na Figura 5 apresenta-se a distribuição espacial dos atributos físicos diretamente relacionados ao processo de infiltração, como matéria orgânica, condutividade hidráulica saturada, porosidade drenável e densidade do solo, com destaque para as zonas de recarga das nascentes.

Através da Figura 5, observa-se menor densidade do solo (menor que 1 kg dm^{-3}) na nascente sob Mata Atlântica, condutividade hidráulica superior a 2,5 m/dia, porosidade drenável superior a 40% e matéria orgânica acima de 8%. Comparativamente à nascente sob pastagem, verifica-se que são valores consideravelmente superiores, proporcionando melhores condições para infiltração de água e, conseqüentemente, para o processo de recarga dos aquíferos.

Na região da nascente sob pastagem, os valores de densidade do solo foram superiores a $1,5\text{ g cm}^{-3}$ e a condutividade hidráulica saturada situou-se abaixo de 1 m/dia, representando redução de 60% da condutividade hidráulica em relação à verificada sob Mata Atlântica. A poro-

sidade drenável é reflexa desses valores, sendo inferior a 32%, valor consideravelmente menor ao observado para cobertura de Mata Atlântica. Esse atributo tem relação direta com o movimento de água no solo, e por conseqüência, na capacidade de recarga dos aquíferos.

Tendo em mente o baixo potencial de recarga de aquíferos dos solos desta sub-bacia, com base nos atributos pedológicos, contudo muito influenciado pelo uso do solo e pelas condições climáticas, a principal alternativa para minimizar esses efeitos é a manutenção de uma eficiente cobertura vegetal, notadamente da Mata Atlântica. Nesse ambiente, os declives acentuados tornam esses solos mais expostos à erosão. A fração orgânica em equilíbrio com a cobertura vegetal tem a função de gerar cargas e ciclar nutrientes, sendo esses mecanismos de suma importância para o controle da qualidade da água, do desenvolvimento das plantas e manutenção do escoamento subterrâneo no período seco (EMBRAPA, 2003). Uma vez preservada essa cobertura vegetal, ocorrerá retardamento da movimentação de água em direção aos seus cursos, redução do escoamento superficial direto e produção de efeito tampão na capacidade de retenção de água pelos solos em períodos de maior concentração de chuvas (CARDOSO *et al.*, 2006).

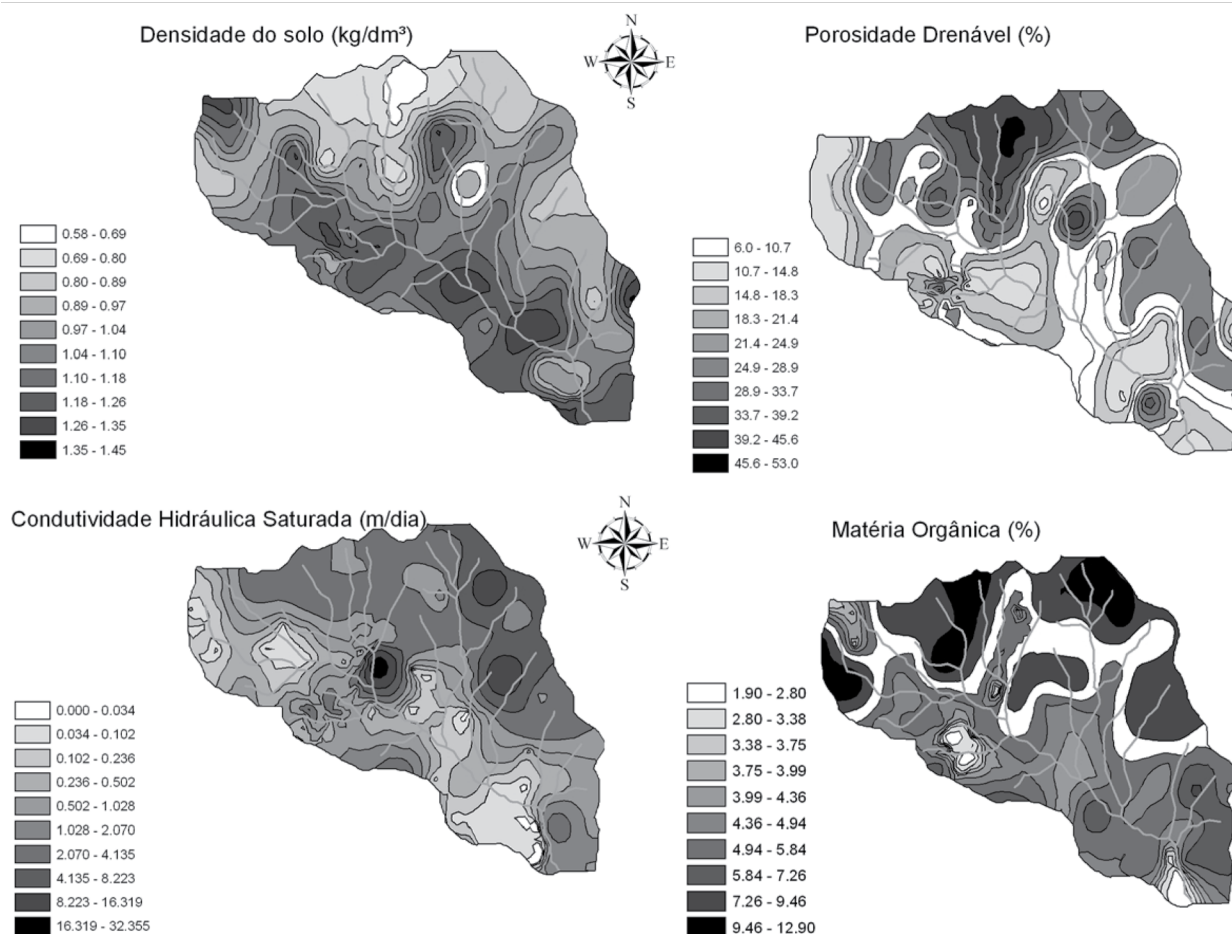


Figura 5. Distribuição espacial da densidade do solo (kg dm⁻³), condutividade hidráulica (m dia⁻¹), porosidade drenável (%) e matéria orgânica (%) nas áreas de recarga das nascentes monitoradas.

Figure 5. Spatial distribution of soil density (kg dm⁻³), hydraulic conductivity (m day⁻¹), drainable porosity (%) and organic matter (%) in the Lavrinha creek watershed.

CONCLUSÕES

A dinâmica dos valores dos atributos físicos e físico-hídricos mostra coerência com a dinâmica do rendimento específico das nascentes.

O uso do solo nas áreas de recarga das nascentes influenciou o valor e a dinâmica temporal do rendimento específico das mesmas.

Para estudos da dinâmica da água nesta região (Serra da Mantiqueira), além do uso do solo, é necessário considerar as condições fisiográficas associadas às condições pedológicas e topográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, J.R.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.11, n.128, p.19-26, 1985.

ARAÚJO, A.R. **Solos da bacia do Alto Rio Grande (MG): base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola.** 332p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T; MARTINS, S.V; SOARES, C.P.B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore,** Viçosa, v.30, n.2, p.249-256, 2006.

CASTRO, P.S. Bacias de cabeceira: verdadeiras caixa d'água da natureza. **Ação Ambiental,** Viçosa, v.1, n.3, p.9-11, 1999.

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: CETEC, 1983. 158p.

- CURI, N.; CHAGAS, C.S.; GIAROLA, N.F.B. Distinção de ambientes agrícolas e relações solo-pastagens nos Campos da Mantiqueira (MG). In: EVANGELISTA, A.R.; CARVALHO, M.M.; CURI, N. (Ed.). **Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes MG: reunião de trabalho sobre pastagens nativas e desenvolvimento de pastagens para o gado de leite das zonas dos Campos Vertentes**. Lavras: ESAL/EMBRAPA, 1994. p.21-43.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Caracterização dos solos em duas topossequências sobre diferentes litologias em áreas altimontanas na Serra da Mantiqueira**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 31p. (Documentos n.57).
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, Lancaster, v.57, n.1, p.1-32, 1991.
- GOMES, N.M. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela na Região do Alto Rio Grande, MG**. 2005. 124p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG**. 2006. 84p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- MELLO, C.R.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F.; LIMA, J.M. Predição da porosidade drenável e disponibilidade de água para Cambissolos da microrregião Campos das Vertentes, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1319-1324, 2002.
- MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M.; VIOLA, M.R. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.537-545, 2007.
- MENEZES, M.D. **Levantamento de solos em sub-bacia hidrográfica como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga de aquíferos**. 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- MORAES, J.M.; SCHULER, A.E.; GUANDIQUE, M.E.G.; MILDE, L.C.; GROPPPO, J.D.; MARTINELLI, A.L.; VICTORIA, R.L. Propriedades físicas dos solos na parametrização de um modelo hidrológico. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.61-70, 2003.
- PINTO, D.B.F. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande**. 2007. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- PINTO, V.A.P.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.197-206, jun. 2004
- RANZINI, M.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P.; GUANDIQUE, M.E.G.; ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.108-119, 2004.
- RESENDE, S.B.; LANI, J.L.; RESENDE, M. Solo como reservatório dinâmico na produção de água. **Ação Ambiental**, Viçosa, v.3, p.23-26, 1998.
- RIBEIRO JUNIOR, P.P.; DIGGLE, P.P. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, Rochester, v.1, n.2, p.15-18, 2001.
- SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p.183-189, fev. 1998.

- SCHULER, A.E. **Fluxos hidrológicos em microbacias com floresta e pastagem na Amazônia Oriental, Paragominas, Pará.** 2003. 119p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- VIVACQUA, M.C.R. **Qualidade da água do escoamento superficial urbano: revisão visando o uso local.** 2005. 185p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- VALENTE, O.F.; CASTRO, P.F. A bacia hidrográfica e a produção de água. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.100, p.53-56, 1983.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.

Recebido em 12/05/2008
Aceito para publicação em 18/06/2009