



ANÁLISE DA HIDROLOGIA DOS SOLOS DE AMBIENTE SERRANO EM DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA COM BASE NO MONITORAMENTO CONTÍNUO DO POTENCIAL MATRICIAL

Sarah Lawall - Mestre em Geografia pelo PPGG/UFRJ,

Patricia de Oliveira da Mota - Bolsista de IC do CNPq; Graduanda do curso de Geografia da
UFRJ

Christiane Stefany Brazão Pinto - Bolsista de IC do CNPq; Graduanda do curso de Geografia
da UFRJ

Renata Henrique Paulino - Bolsista de IC do CNPq; Graduanda do curso de Geografia da
UFRJ

Nelson Ferreira Fernandes - Professor Associado do Depto. de Geografia da UFRJ

RESUMO: A vegetação exerce importante papel no volume de água a ser infiltrado no solo sendo que, uma vez retirada, súbitas alterações na dinâmica hidrológica dos ambientes podem ser verificadas dada a modificação na interação solo-água-planta. Essa modificação é vista principalmente no arranjo das partículas sólidas que define os processos de movimentação e retenção da água no solo. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a hidrologia dos solos em diferentes tipos de uso e cobertura através do monitoramento contínuo da tensão da água (potencial matricial) no solo em uma bacia hidrográfica experimental. A bacia do Bonfim, escolhida como área de estudo, encontra-se no ambiente serrano do Estado do Rio de Janeiro e vem sendo submetida a intensas modificações ambientais, possuindo hoje uma distribuição bem compartimentada dos tipos de uso e cobertura florestal agrícola e de pastagem. O monitoramento hidrológico contínuo foi realizado com o uso de sensores de potencial matricial (sucção da água) instalados em diferentes profundidades no solo e nas diferentes condições de uso e cobertura. Estes sensores foram conectados a sistemas de aquisição de dados (datalogger) permitindo a obtenção de registros em intervalos de 15 minutos. Paralelamente, foram coletadas amostras para caracterização das principais propriedades físicas dos solos. Como resultado principal observou-se fluxos rápidos em solos florestados, em resposta às frações mais grosseiras, alta porosidade e baixa densidade aparente dos solos. Comportamento oposto foi visto na pastagem seguida da agricultura, com redução das taxas de infiltração e da qualidade física dos solos.



Palavras-chave: Hidrologia, uso do solo, monitoramento, infiltração, umidade do solo

ABSTRACT: Vegetation plays a major role in improving soil infiltration rates which, once removed, may generate important changes in the soil hydrology, especially in the upper portions of the soil profile. In general, these modifications in land use and soil cover may change the size and connection of soil pores that lead to new conditions of soil water movement and storage. The main objective of this study was to evaluate the hydrology of the soils in different types of usage and land cover through continuous monitoring of soil water matric potential in different sites inside an experimental watershed. The Bonfim watershed is located in a mountainous environment close to Rio de Janeiro city and was chosen because the presence of various types of land use and vegetation covers (forest cover in different stages of regeneration, agriculture and grazing). Continuous monitoring of rainfall and soil matric potential were performed using automatic rain gauges and watermark sensors installed at different depths. In parallel, disturbed and undisturbed soil samples were collected to analyze the main soil physical properties. The results suggest higher infiltration rates in forested soils in response to the coarser soils with higher values of soil porosity. An opposite behavior was observed in grazing areas where the reduction of soil physical quality favor lower infiltration rates and surface runoff generation.

Key-words: Soil hydrology, land use, infiltration, soil moisture, soil matric potential

1 INTRODUÇÃO

A entrada da água no solo se faz pelo processo de infiltração, que é uma importante etapa do ciclo hidrológico, responsável pelo abastecimento das plantas, recarga nos aquíferos, manutenção dos fluxos dos canais no período de estiagem e evolução da paisagem geomorfológica. A quantidade de água que penetra no solo está condicionada a fatores ligados às características da chuva, como a intensidade, às propriedades dos solos, como textura, estrutura e porosidade, e às condições da superfície, como compactação, umidade antecedente e o tipo de uso e cobertura (DUNNE e LEOPOLD, 1978; COELHO-NETTO, 1998), sendo a vegetação capaz de influenciar significativamente as demais variáveis.



A água presente no solo pode conter energia em diferentes quantidades e formas de tal modo que ela se movimenta de um ponto com maior energia para outro de menor, buscando o equilíbrio do sistema (HILLEL, 1980; REICHARDT, 1987), e a estocagem de água no solo ocorrerá quando existir uma força de retenção contra a de gravidade (KNAPP, 1978).

A água é retida no solo por forças de atração bastante elevadas estabelecidas entre as moléculas de água e as partículas do solo, constituindo a tensão da água no solo ou potencial matricial (Ψ_m). Nos poros menores, a retenção pode ser maior devido à atuação das forças de capilaridade e adsorção da matriz dos solos, as quais se interagem formando o potencial matricial (tensão ou sucção) da água no solo (HILLEL, 1980).

Em um solo seco, quando há entrada de água, inicialmente as forças capilares atraem e aprisionam a água nos poros do solo. À medida que o solo torna-se saturado, as forças capilares deixam de atuar sendo substituídas pela gravitacional. Em solos saturados o potencial matricial é nulo ($\Psi_m = 0$), não havendo interface água-ar, pois os poros estão todos preenchidos com água. Após a drenagem, o ar volta a atuar nos poros, gerando a interface água-ar, e a capilaridade começa atuar. Quanto mais seco o solo, mais negativa é a energia, mais negativo o potencial matricial (HILLEL, 1980).

Os mecanismos de movimentação e retenção da água no solo são diretamente influenciados pelas propriedades físicas, principalmente com relação ao tamanho, distribuição e conectividade dos poros. A formação dos poros tem influência dos diferentes tipos de uso e cobertura e das características intrínsecas da formação do solo seguindo as condições pedológicas e geomorfológicas locais. A vegetação atua na formação do arranjo poroso pela ação das raízes e manutenção da fauna do solo, constituindo caminhos preferenciais e favorecendo a atuação do potencial gravitacional da água no solo (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1998; BUTLE E HOUSE, 1997). Com relação às condições do meio, em ambientes serranos, a topografia e a heterogeneidade dos solos pode ser fator de influência na dinâmica hidrológica, como pode ser visto em TICEHURST et al (2007) e TROMP-VAN MEERVELD e MCDONNELL (2006). Esses fatores alteram o comportamento hidrológico dos solos, influenciando a quantidade de água disponível para infiltrar ou escoar superficialmente.

Dada a importância das interações entre o arranjo poroso do solo, a cobertura vegetal e as condições do meio para a hidrologia dos solos, poucos estudos são realizados na tentativa de discutir a relação tipo de uso e cobertura e a hidrologia dos solos, sendo muitos deles voltados para agricultura, como em SOUZA (2003) e BERTOLINO (2004). Na hidrologia



eles são escassos ainda mais quando se trata de ambientes serranos, como em HARDEN e SCRUGGS (2003). Estudos desse tipo podem auxiliar no controle do suprimento de água para as plantas, aplicações em engenharia e desastres naturais como movimentos de massa, controle de processos erosivos e fluxos de contaminantes químicos no solo.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento hidrológico dos solos em diferentes tipos de uso e cobertura (floresta, agricultura e pastagem), através do monitoramento contínuo da tensão da água no solo em uma bacia hidrográfica experimental localizada em ambiente serrano.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo - A Bacia Hidrográfica do Bonfim integra uma das sub-bacias do rio Piabanha, principal afluente do rio Paraíba do Sul, e encontra-se localizada no distrito de Corrêas, município de Petrópolis (RJ), Figura 1. Possui área de 25 Km², aproximadamente, onde parte desta está inserida nos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

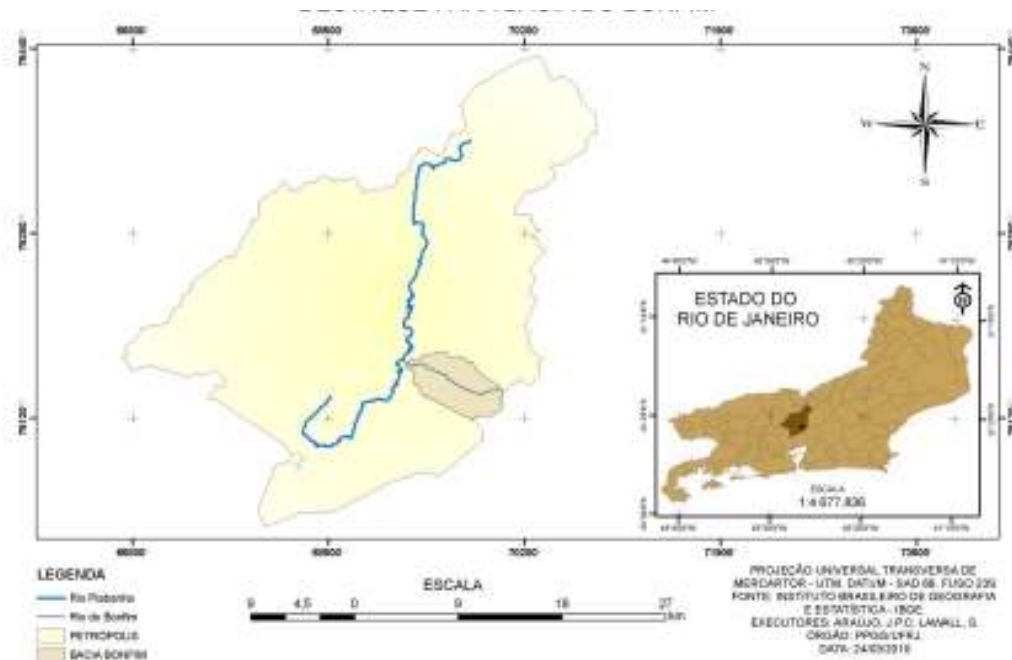


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Bonfim no Município de Petrópolis e sua posição no Estado do Rio de Janeiro



A bacia do rio Bonfim possui vocação agrícola (hortaliças), compondo a maior parte da ocupação do solo, a qual se encontra instalada principalmente no seu curso médio. Nesta porção, inexpressivas áreas de pastagem aparecem em meio agrícola, enquanto no curso superior há a presença de vegetação florestada em recuperação pós-atividade agrícola com 15 a 40 anos e no baixo curso, próximo à confluência com o rio Piabanha, há intensa expansão urbana, o que garante a distribuição da cobertura do solo de forma bem compartimentada na região, como mostra a Figura 2.

A variabilidade do tipo de uso e cobertura bem segmentados favoreceu o processo de obtenção de dados de natureza hidrológica, justificando o principal motivo para utilização de tal área, que também é considerada como bacia experimental pelo Projeto EIBEX (Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro), o qual foi desenvolvido com apoio do MCT/ FINEP/CT-HIDRO e CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.

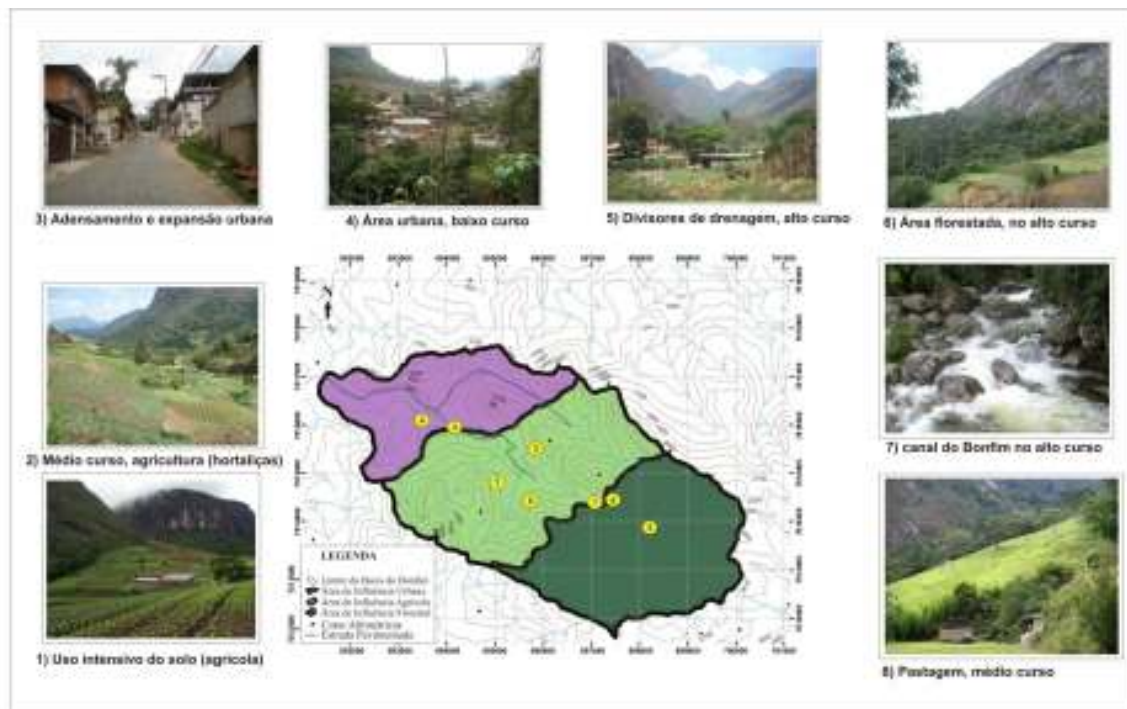


Figura 2: Mapa com a representação dos diferentes tipos de uso e cobertura da bacia do rio Bonfim. Observa-se no alto curso a presença de floresta, no médio curso o uso do solo por agricultura e no baixo curso a expansão urbana. Fonte: IBGE (1982).



Os aspectos geomorfológicos e pedológicos são típicos de regiões serranas, apresentando zonas montanhosas escarpadas, de declividade acentuada, sendo a topografia bastante acidentada, onde nota-se ao longo das vertentes e leitos fluviais a presença de grandes maciços arredondados de rochas aflorantes bem fraturadas, matacões e depósitos de tálus. Os solos são predominantemente NEOSSOLOS LITÓLICOS com aparecimento dos CAMBISSOLOS e LATOSSOLOS (GOULART, 1999).

Em relação às características ambientais avaliadas na bacia do Bonfim, segundo ICMBio (2007), esta se caracteriza por um clima mesotérmico úmido, com chuvas intensas e temperaturas amenas. Os altos índices pluviométricos são encontrados próximos aos divisores de drenagem, sendo estes com média anual de 2000 mm.

Na bacia do Bonfim existem conflitos de uso do solo pela expansão urbana desordenada e pela produção agrícola realizada em Unidade de Proteção Integral, sem técnicas de conservação e manejo em áreas de relevo montanhoso e com a prática de intensa irrigação, o que torna os estudos hidrológicos ainda mais relevantes nessa área.

2.2 Métodos - A Bacia do Rio Bonfim apresenta diferentes formas de uso e cobertura bem segmentadas o que permite avaliar, em uma mesma bacia, os efeitos das mudanças desses ambientes no comportamento hidrológico dos solos em sua porção mais superficial. Com base no estudo de PARK e VAN DE GIESEN (2004), foram escolhidas Unidades de Resposta Hidrológica (URH) que reúnem características similares da paisagem e melhor representam a bacia: agricultura (URHA1 e URHA2), floresta em regeneração por 15 e 40 anos (URHF1 e URHF5) e pastagem (URHP1)

Nessas Unidades foram realizados monitoramentos contínuos e automatizados do potencial matricial da água do solo (que é uma medição indireta da umidade) através da distribuição em campo de estações com conjuntos de sensores Watermark, fabricados pela Irrrometer (USA). Cada conjunto é formado por 8 sensores (7 de potencial matricial e um de temperatura do solo) e um sistema de armazenamento de dados (datalogger), com registro nos sensores obtidos em intervalos de 15 minutos (Figura 3).



Figura 3: Visão geral do sistema de aquisição de dados em campo, com destaque para o datalogger.

Os sensores foram instalados nas profundidades de 10, 20, 50 e 80 cm com uma repetição para cada sensor, com exceção da maior profundidade, como pode ser visto na Figura 4. Como existem dois dados de tensão nas profundidades iniciais, devido às repetições, foram feitas médias e estas foram analisadas em gráficos que relacionam os potenciais matriciais ao tempo decorrido e ao volume de precipitação acumulado diariamente.

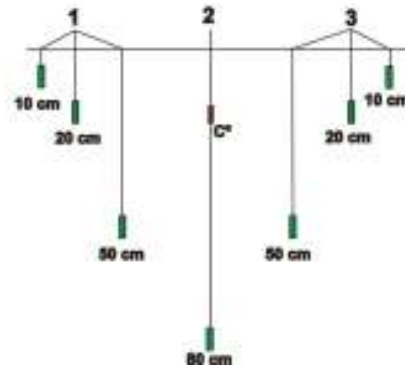


Figura 4: Sensores de umidade instalados na estação URHA2, com detalhe na disposição e profundidade dos sensores.

Os dados de precipitação foram obtidos a partir de uma estação pluviométrica automatizada instalada na bacia do Bonfim e seus dados, registrados com intervalos de 15



minutos, foram fornecidos pelo Projeto EIBEX, de manutenção e controle da CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, responsável pela estação.

O monitoramento do potencial matricial e da pluviosidade vem sendo feito desde setembro de 2009, mas para esse trabalho foi feito um recorte do dia 8 ao dia 17 de novembro, por esse período representar um importante período chuvoso no verão 2009-2010.

Por fim, para analisarmos a relação da hidrologia com as diferentes coberturas encontradas na Bacia do Rio Bonfim, foram coletadas três repetições de amostras deformadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-50 cm para os ensaios de granulometria (método da pipeta) e amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 15-20 e 45-50 cm para os ensaios de densidade de partículas (método do balão volumétrico), densidade global (método do anel volumétrico) e porosidade total (relação entre a densidade global e a densidade de partículas) (EMBRAPA 1997), em todas as estações dos sensores de umidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados dos sensores de potencial matricial são apresentados de forma gráfica juntamente com a precipitação diária total do período de 08 a 17 de novembro de 2009 (Figura 5). Cabe ressaltar que, a apresentação dos resultados é dividida em duas abordagens sendo a primeira de leitura comparativa entre os sensores tanto em perfil quanto por tipo de uso cobertura e, outra, de interpretação associada aos dados das propriedades físicas.

De forma geral, através da análise da Figura 5, pode-se considerar que as áreas com cobertura florestada apresentaram as maiores oscilações, identificadas nos menores valores de kPa (tocando -100 kPa no sensor de 10 cm anterior a precipitação de 09 de novembro). Ainda em ambiente florestado (URHF1, URHF2), os sensores mais próximos à superfície (10 e 20 cm) não alcançaram a condição de saturação (linhas do gráfico tocando o eixo x, ponto de saturação), no entanto, no maior volume diário precipitado, superior a 45 mm, houve a maior redução do potencial matricial, com saturação no sensor de 80 cm da URHF2.

Na agricultura foram observados valores de potencial matricial menores do que aqueles medidos nas área de florestas, permanecendo com valores inferiores a -40 kPa, assegurando maior retenção da água. Quanto à leitura na agricultura, em URHA2 ocorreu irrigação gerando saturação nas profundidades de 20 e 50 cm, oscilação em 10 cm por estar mais próximo a superfície (efeito da evaporação) e em 80 cm não há influência direta da



irrigação e evaporação, sendo a profundidade que apresenta menor oscilação de potencial matricial.

Ao contrário da floresta e da agricultura, na pastagem observou-se pouca oscilação nos sensores, tanto em superfície quanto a 80 cm, na maior parte do recorte temporal, sendo apresentada constante saturação. Após a precipitação do dia 09 de novembro, superior a 45 mm, o perfil de solo sob pastagem permaneceu saturado até o dia 14 quando este iniciou a drenagem, pela ausência de precipitação em 13 e 14 de novembro, sendo novamente saturado em 15 de novembro.

O comportamento dos gráficos das URHs esteve condizente com o resultado das propriedades físicas analisadas, nos valores de textura, porosidade total e densidade aparente. Nas URHF1 e URHF2 com cobertura florestal, os solos apresentaram textura franco-arenosa, com percentual de areia aproximadamente de 70%, 20% de silte e 10% de argila para ambas as URHs, na superfície (0-10 cm). Na profundidade de 50 cm, esse valor aumenta para 15% de argila, ponto limite dos dados de propriedades físicas.

Essa composição textural indica um perfil de maior movimentação e baixa retenção de água após a infiltração, como apontado na literatura (HILLEL, 2003; BRADY e WEIL, 2004). Somados às características texturais, o aporte de matéria orgânica, a rica atividade biogênica sob solos florestados e o fato desses solos serem desenvolvidos sobre depósito de tálus bastante heterogêneos, possibilitaram maior dispersão da água e maior capacidade de infiltração dos solos (BUTLE E HOUSE, 1997). A baixa densidade aparente, principalmente em URHF2 com $0,8 \text{ g/cm}^3$ em 0-10 cm, atingindo $1,3 \text{ g/cm}^3$ em 50 cm, e a porosidade total com 65% na superfície e 48% na profundidade de 50 cm, também propiciaram maior percolação da água na floresta em comparação às outras coberturas.

Assim, como no Bonfim, em ambientes de floresta tropical, HARDEN e SCRUGGS (2003) estudando infiltração em diferentes áreas montanhosas da América, puderam perceber fluxo vertical rápido, pouca retenção e absorção de todo volume precipitado em eventos simulados inferior a 60 mm. Da mesma forma, JORDAN et al (2008) em áreas de floresta temperada, identificou a geração de escoamento superficial somente em volume total superior a 56 mm, atribuindo a infiltração ao papel da atividade biológica, como exposto por BUTLE e HOUSE, 1997.

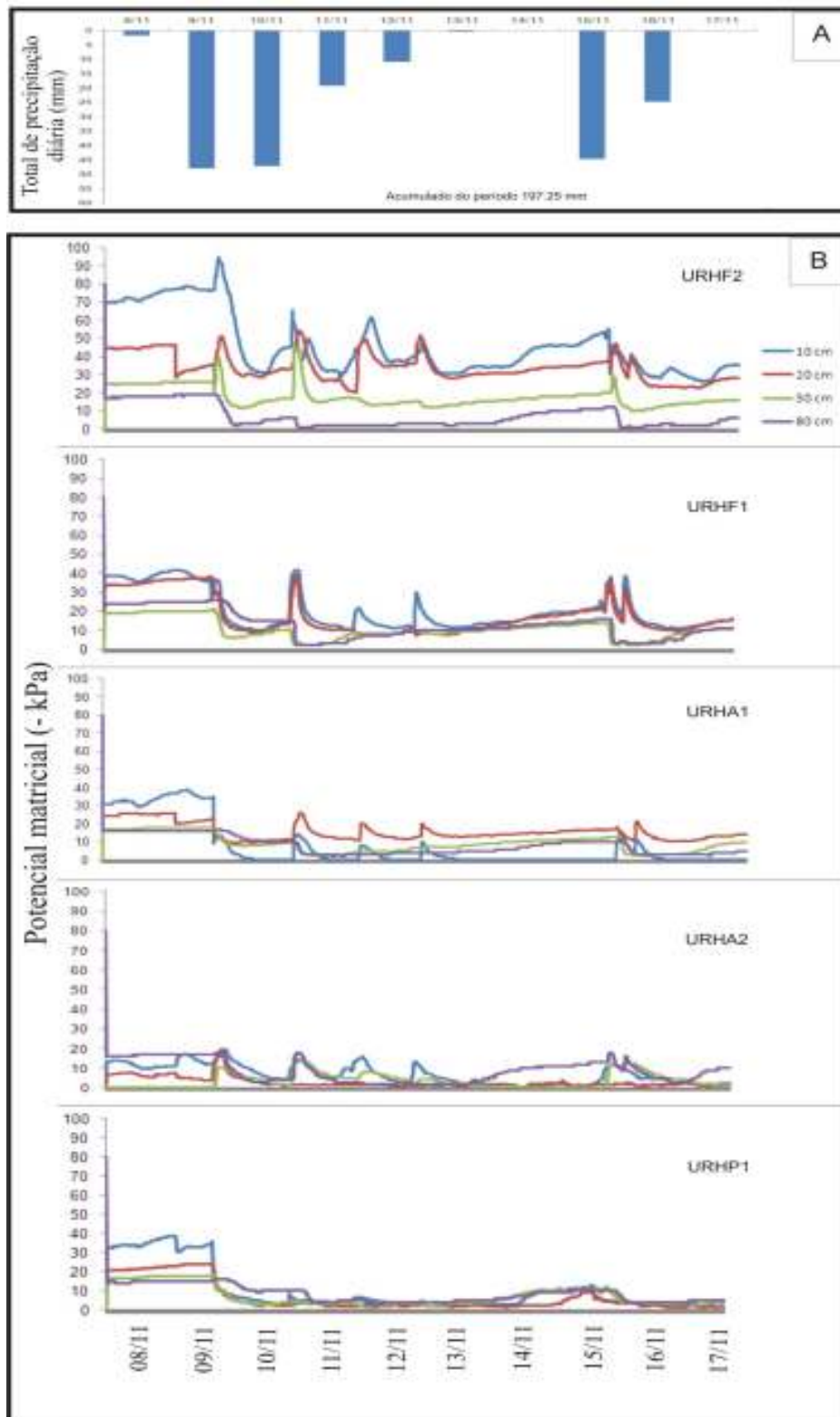


Figura 5: Distribuição do total de precipitação diária no período de 08 a 17 de novembro (A); Dados de potencial matricial distribuídos em diferentes profundidades



Na agricultura, a maior presença da fração argila configura maior potencialidade à retenção da água. Neste ambiente, URHA1 e URHA2, os solos foram classificados quanto à textura como francos. A fração areia foi de aproximadamente 50%, silte com 30% e argila com 20% permanentes nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-50 cm analisados. Diferente da floresta, a densidade aparente foi maior em superfície ($1,2 \text{ g/cm}^3$) atingindo $1,0 \text{ g/cm}^3$ na profundidade de 50 cm. Essa variação pode estar associada aos efeitos do manejo o qual, na Bacia do Bonfim, mostra predomínio de plantio convencional com uso de arado.

A redução da infiltração de ambientes florestados para agrícolas é extensamente notificada na literatura. Como no Bonfim, GODSEY e ELSENBEER (2002), ZIMMERMANN et al (2006) e ZHOU et al (2008) identificaram redução da infiltração e aumento do escoamento superficial. Precipitações superiores a 20 mm são capazes de produzir água excedente à infiltração que escoará sobre a superfície, como visto em SOUZA (2003). Cabe ressaltar que, o menor valor de potencial matricial registrado no sensor posicionado em 20 cm da URHA, pode estar associado à perda de água por percolação e evaporação, como indicado também por BERTOLINO (2004).

Em ambiente de pastagem, foram encontrados os maiores percentuais de argila, assim como os maiores de densidade aparente, pela compactação ocasionada por pisoteio e, concomitantemente, os menores valores de porosidade total. Assim, a textura foi classificada como franco-argilosa, com 45% de areia, 30% de silte e 25% de argila no topo, sendo que em 50 cm, a argila atinge o maior valor encontrado na Bacia, 40%, com 40% de areia e 20% de silte. A densidade aparente foi de $1,4 \text{ g/cm}^3$ em todo perfil com porosidade total variando de 43 a 44%, do topo para 50 cm, respectivamente.

Esses valores das propriedades físicas indicam ambiente de maior retenção, o que justifica a manutenção da saturação durante o recorte temporal feito. Além da retenção, a baixa movimentação pela diminuição dos poros pode gerar um volume de água que excede a capacidade de infiltração quando o solo é submetido a precipitações constantes. Na precipitação de 09 de novembro houve saturação do perfil por completo, provavelmente, nas demais chuvas parte dessa água não foi adicionada ao solo que já estava saturado, gerando, portanto, escoamento superficial.



4 CONCLUSÃO

A infiltração foi diferenciada nos distintos tipos de uso e cobertura, no entanto, pode-se atribuir este comportamento, também, às diferenças encontradas nas propriedades físicas dos solos. Quanto às propriedades físicas, a textura, como intrínseca à formação dos solos, influenciou nas características de retenção e movimentação da água. Assim, na floresta, os fluxos verticais e a menor retenção da água no solo foram predominantes. Ao contrário, na pastagem, houve maior retenção com movimentação lenta no perfil.

O tipo de uso influenciou as características de entrada de água no perfil, assim, pode-se constatar que, na floresta, pela vegetação contínua e densa, houve maior percolação com absorção de todo volume total precipitado, ou seja, volume máximo de 45 mm. Na pastagem e agricultura, a saturação é atingida com precipitações inferiores a 45 mm, podendo gerar excedente à infiltração com escoamento superficial.

A redução da porosidade total e conseqüente aumento da densidade aparente podem aumentar a susceptibilidade dos solos a processos erosivos. Em ambientes serranos, onde a topografia favorece a perda de materiais em função da declividade acentuada das encostas, torna-se fundamental a incorporação de práticas de manejo e conservação dos solos.

5 Agradecimentos:

Agradecemos ao CNPq pelo suporte financeiro, ao conceder as bolsas de mestrado e iniciação científica; ao PROJETO EIBEX, de manutenção e controle da CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASI, financiadora de todos os equipamentos usados nesse trabalho e responsável pela instalação e manutenção das estações pluviométricas; aos moradores do Bonfim, que permitem a instalação dos equipamentos em suas propriedades; aos integrantes do NEMPHEs (Núcleo de Estudos de Modelagem e Processos Hidrológicos e Erosivos do Solo), sempre dispostos a nos ajudar nos trabalhos de campo.



6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLINO, A. V. F. A. Influência do manejo na hidrologia de solos agrícolas em relevo forte ondulado de ambiente serrano: Paty do Alferes - RJ. (2004). 169 f. (tese de doutorado) - Departamento de Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elements of the nature and properties of soils. New Jersey: Prentice Hall, 2004.

BUTLE, J. M.; HOUSE, D. A. Spatial variability of saturated hydraulic conductivity in shallow macroporous soils in a forested basin. *Journal of Hydrology*, v. 203, p. 127-142, 1997.

CAMBRA, N. F. E. Movimentos de água na porção superior de solos sob pastagem: o papel do sistema radicular. (1998). 144 f. (dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 1998.

CASTRO JR., E. O papel da fauna endopedônica na estruturação física do solo e seu significado para a hidrologia de superfície. (1991). 150 f. (dissertação Mestrado) - IGEO-UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro 1991.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Ed.). *Geomorfologia: uma atualização de conceitos e bases*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. Cap.3. p. 93-144.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. *Water in Environmental Planning*. New York: W.H. Freeman and Company, 1978.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro EMBRAPA-CNPS, 1997.

GODSEY, S.; ELSENBEEER. The soil hydrologic response to forest regrowth: a case study from southwestern Amazonia. *Hydrological Processes*, v. 16, p. 1519-1522, 2002.

GOULART, D. R. Diagnóstico da suscetibilidade à erosão dos solos da Bacia Hidrográfica do Bonfim - Correias, Petrópolis - RJ. (1999). 128 f. (dissertação Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro 1999.

HARDEN, C. P.; SCRUGGS, P. D. Infiltration on mountain slopes: a comparison of three environments. *Geomorphology*. V. 55, p. 5-24, 2003.

HILLEL, D. *Fundamentals of soil physics*. San Diego, California: Academic press, 1980.



- _____. Introduction to Environmental Soil Physics. Amsterdam: Elsevier, 2003.
- ICMBIO, I. C. M. D. C. D. B.-. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Brasília: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-ICMBio, 2007.
- JORDÁN, A. Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain. *Catena*, v. 74, p. 137-143, 2008.
- KNAPP, E. B. Infiltration and storage of soil water. In: KIRKBY, M. J. (Ed.). *Hillslope Hydrology*. New York: John Wiley & Sons, 1978. p. 43-72.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de Descrição e coleta de solo no campo. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 1984.
- MIRANDA, J. P. L. Propriedades físico-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano-Bom Jardim (RJ) (2008). 123 f. (dissertação de mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro 2008.
- PARK, S. J.; VAN DE GIESEN, N. Soil-landscape delineation to define spatial sampling domains for hillslope hydrology. *Journal of Hydrology*, v. 295, n. 1-4, p. 28-46, 2004.
- REICHARDT, K. Água em sistemas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1987.
- SOUZA, A. P. D. Monitoramento da erosão de solos durante eventos pluviométricos: subsídio à compreensão dos processos erosivos em ambiente agrícola serrano. (2003). 170 f. (dissertação de mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2003.
- TICEHURST, J. L. Interpreting soil and topographic properties to conceptualize hillslope hydrology. *Geoderma*, v. 137, p. 279-292, 2007.
- TROMP-VAN MEERVELD, H. J.; McDONNELL, J. J. On the interrelations between topography, soil depth, soil moisture, transpiration rates and species distribution at the hillslope scale. *Advances in Water Resources*, v. 29, p. 293-310, 2006.
- ZHOW, X. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. *Catena*, v. 73, p. 180-188, 2008
- ZIMMERMANN, B. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. *Forest Ecology and Management*, v. 222, p. 29-38, 2006.