

Estudo do Comportamento da Água em Subsuperfície – Gouveia, Minas Gerais, Brasil

Maíra Lopes Nogueira (Mestranda IGC/UFMG – nogueira_ml@yahoo.com.br)

Cristina H. R. R. Augustin (Departamento de Geografia IGC/UFMG – chaugust@ufmg.br)

Paulo Roberto A. Aranha (Departamento de Geologia IGC/UFMG – aranha@igc.ufmg.br)

Abstract

This study aims to obtain and analyze more precise information about sub superficial water dynamics at soil plots. Infiltration capacity of soils is an important subject due to its influence on slope processes of erosion and on soil capacity of maintaining vegetation cover, for example. So a basic premise for this research is based on the fact that infiltration has an immediate effect on the availability of runoff water, and runoff promotes removal of soil particles, having influence, locally, on changes of slope form, and, regionally, on the evolution of the landform. In the present research, infiltration speed and the form that infiltration front assumes are correlated to other data, such as slope shape, surficial micro-forms, soil characteristics, among others. The field work was carried out in Gouveia, Minas Gerais State, Brazil, on a gentle undulating slope at the left margin of third order stream. On the upper slopes occurs cambisol, while on the middle slopes the ferrosol. The experiments were carried out under different initial conditions of humidity: at the end of rainy and of dry season. The methodology involved three main steps: 1 – injection of a water and dye tracer Brilliant Blue FCF solution on the soil; 2 – digging soil holes for observation of the tracer, and 3 – physical and chemical analysis of soil samples. The visualization of the subsurface water movement by the blue tracer was made at vertical soil sections five weeks after the injection of the tracer solution. The vertical soil sections were prepared perpendicular as well as parallel to the expected flow on the slope. The results demonstrate clear differences in the way water infiltrates in the two types of soil, revealing also undoubtedly influence of slope form, besides the efficiency of the employed methodology for this type of research.

Keywords: slope form, tropical soils, groundwater, dye tracer.

Resumo

Este estudo tem por objetivo obter e analisar informações mais precisas sobre a dinâmica subsuperficial da água de infiltração em parcelas experimentais. Este tema se reveste de grande importância quando correlacionado a outros dados, dentre eles a forma da vertente, a micro-topografia, características do solo, entre outros. A capacidade de infiltração tem grande importância devido a sua influência nos processos erosivos de vertente e na capacidade do solo de manter a cobertura vegetal, por exemplo. Assim, as questões que norteiam esta pesquisa baseiam-se no fato de que a água, em seu processo dinâmico de entrada e saída da superfície, promove a remoção de partículas dos solos em

intensidades variáveis, e torna-se responsável, localmente, por mudanças na fisionomia das vertentes e, regionalmente, pela evolução do relevo. A pesquisa foi desenvolvida no município de Gouveia, Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil, em uma vertente suavemente ondulada na margem esquerda de um córrego de 3ª ordem. Na alta vertente ocorre o cambissolo e média vertente o latossolo. Os experimentos foram realizados sob diferentes condições iniciais de umidade: no início e no fim de um período chuvoso. A metodologia envolveu três etapas principais: 1 – aplicação no solo de uma solução aquosa traçadora, constituída por água e corante Brilliant Blue FCF; 2 – abertura de perfis de solo para observação do traçador e 3 – coleta e análise de dados de solo. A visualização do movimento da água em subsuperfície por meio do traçador azul foi feita em perfis abertos no solo cinco semanas após a injeção da solução traçadora. Os perfis foram abertos tanto perpendicular quanto paralelamente ao escoamento esperado do fluxo na vertente. Os resultados demonstram clara diferença no modo como a água infiltra nos dois diferentes tipos solos estudados, revelando também a inquestionável influência da forma da vertente e também a eficácia da metodologia empregada para esses estudos.

Palavras-chave: vertente, solos, infiltração da água, percolação da água, traçador colorimétrico

1 – Introdução

Este estudo foi desenvolvido em Gouveia, município localizado na porção meridional da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais. Os projetos acadêmicos desenvolvidos na área desde a década de 1980 têm como eixo principal os estudos sobre a dinâmica cenozóica do relevo, para a qual se tornam fundamentais as investigações de escala de detalhe, como base para o entendimento dos mecanismos que levam à elaboração atual da paisagem da área. Nesta escala, uma das temáticas mais investigadas em Gouveia é a da erosão provocada pela água de chuva, que constitui um dos processos mais importantes no refeiçãoamento (*reshaping*) das vertentes (Augustin, 1995a,b).

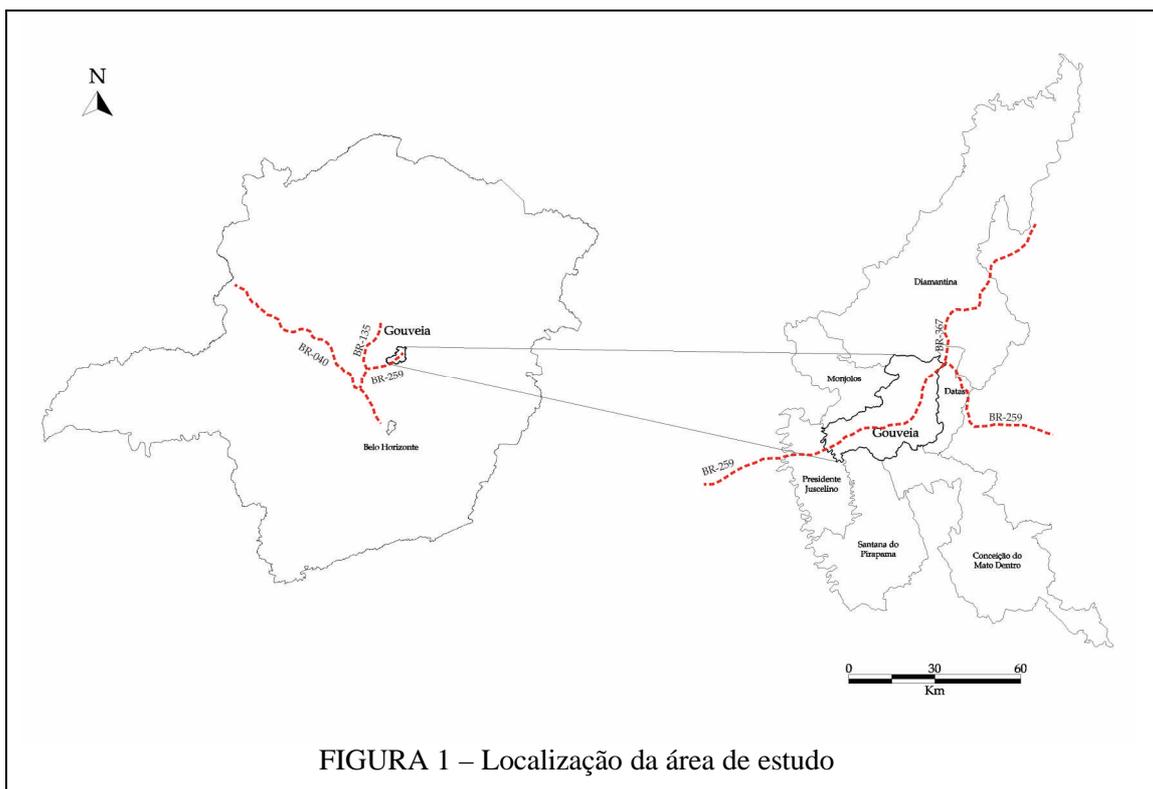
A hipótese que se buscou comprovar foi a de que, uma vez infiltrada, a água passa a ser fortemente influenciada pelos elementos estruturais dos solos. Enquanto na superfície, como ressaltam os trabalhos de Thurler et al. (1996), Weiler (2001), Portilho (2003) e Morais (2007), o fluxo da água varia em volume, velocidade, direção e profundidade em resposta, além das propriedades do solo, a litologia, vegetação, pluviosidade, declividade e forma da vertente, ainda há questões em aberto no que se refere à forma da penetração e os movimentos de percolação da água na subsuperfície. O comportamento subsuperficial da água é dinâmico, pois não constitui um processo homogêneo, de uma só variável, envolvendo a entrada e saída

de água no solo, sua movimentação no perfil e a velocidade de infiltração, uma vez que essas características possuem variabilidade tanto vertical quanto lateral.

No entanto, a dinâmica da água superficial e subsuperficial sofre diretamente a influência de elementos geomorfológicos tais como as formas convexas, côncavas e retilíneas, as microformas, dos solos e da hidrografia, inerentemente integradas à própria vertente. Esses elementos têm efeitos também imediatos sobre a evolução dos solos, sobre o tipo e intensidade dos processos associados ao escoamento da água, sejam eles erosivos, sejam de movimentos de massa (Augustin, 1995a). Assim, a conformação superficial da encosta não só influencia a infiltração, como também é influenciada por ela, resultando no refeição do relevo.

2 – Características da Área de Estudo

O município de Gouveia localiza-se no Alto Vale do Jequitinhonha, na porção meridional da Serra do Espinhaço. A cidade dista cerca de 250 km a norte de Belo Horizonte e 30 km a sul da histórica cidade de Diamantina, e seu acesso principal é feito pela BR 259 (FIG. 1).



O clima da região de Gouveia é influenciado pela presença da serra do Espinhaço, e pode ser classificado como Tropical Sub-Úmido (Gouveia, 2002), com duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso, e inverno ameno e seco. A precipitação média anual varia em torno de 1.400 mm, e concentra-se essencialmente de outubro a março.

A vegetação original predominante no município é o Cerrado, que se encontra degradado em função das atividades agropecuárias, com a substituição das espécies nativas por pastagens (Augustin, 1995a).

A litologia da região de Gouveia é marcada pela exposição do embasamento cristalino, numa faixa de direção N/S, denominada Depressão de Gouveia. As rochas granito-gnáissicas do embasamento arqueano – Complexo Gouveia – foram expostas pela erosão nesta localidade e se apresentam bastante alteradas, constituindo saprolitos profundos. Esta depressão é bordejada predominantemente por escarpas de xistos e quartzitos do Supergrupo Espinhaço, onde ocorrem diques e soleiras de rochas metabásicas.

A maior parte da área drenada pela bacia do córrego do Quebra, que se encontra na porção N/NW da Depressão de Gouveia, tem como substrato rochoso o complexo granítico de Gouveia. Nesta área ocorre uma predominância de colinas de topos achatados, longas, encostas côncavo-convexas suaves, pouco entalhadas, mas com a presença de feições de anfiteatros e de voçorocas (Augustin, 1995b).

De acordo com o mapeamento pedológico da bacia do ribeirão do Chiqueiro, desenvolvido por Diniz (2002), são recorrentes três classes de solo na área de estudo: latossolos, cambissolos e neossolos.

As parcelas de amostragem deste estudo encontram-se em uma vertente da margem esquerda do córrego do Quebra, situado na zona rural de Gouveia, à aproximadamente 6 km da sede municipal. A vertente tem declividade média de 6° e 700 metros de comprimento. Uma parcela encontra-se na porção superior da vertente, que se apresenta ligeiramente convexa, e a outra parcela na porção mediana, de conformação côncava. Na alta vertente, ocorre o cambissolo, e na média vertente o latossolo.

3 – Metodologia

A vertente longa da margem esquerda do córrego do Quebra foi escolhida para esta pesquisa porque ela se mostrou, ao longo de anos de pesquisa na área, como uma das que apresentam características geomorfológicas mais representativas da região: vegetação de

Cerrado, em grande substituída por pastagem, drenagens de pequena ordem, substrato de gnaisse, granito e xisto altamente cisalhados e ocorrência de latossolos, em geral com alto grau de lixiviação, e de cambissolos.

Foram estabelecidas duas parcelas de estudo, uma na alta e outra na média porção da vertente. A locação das parcelas, determinada por Portilho (2003) em trabalho anteriormente desenvolvido na vertente, foi realizada nos segmentos centrais dos sítios geomorfológicos que consistem, segundo Augustin (1979), em unidades da vertente que apresentam suficiente uniformidade geomorfológica para não apresentarem diferenças estatísticas relevantes; elas são limitadas por rupturas de declive.

A amostragem foi realizada no início e no final do período chuvoso entre os anos de 2006 e 2007. Assim, no início do período chuvoso, foram montadas duas estações experimentais em forma de cruz, uma na parcela da alta e outra na parcela da média vertente; ao final do período chuvoso, outras duas estações foram montadas na alta e na média vertente, ao lado das estações anteriores, totalizando quatro estações em cruz (FIG. 2).



Cada estação em cruz permitiu a delimitação de uma área através de uma estrutura de madeira, com as dimensões de 2 metros extensão do centro da cruz à extremidade de cada braço, somando, portanto, 4 metros de uma ponta à outra. Assim, têm-se dois segmentos de 4,00 m x 0,20 m que se cruzam no centro, gerando uma área interna de 1,56 m² (FIG. 2). O

objetivo deste formato foi o de se obter melhores resultados sobre a direção preferencial do fluxo subsuperficial da água, com a coleta de dados tanto no sentido do escoamento preferencial da vertente, quanto paralelamente a este sentido.

Em cada período analisado, dentro da área de cada cruz, aplicou-se uma solução traçadora colorimétrica, que consistiu de 4,25g/l do corante azul Brilliant Blue FCF diluídos em 110 litros d'água. A quantidade de água aplicada por área representa o valor pluviométrico médio dos meses em que se executou o ensaio, e foi aplicada por meio de um regador manual, conforme proposição de Flury et al. (1994).

Cinco semanas após a aplicação da solução traçadora nas estações em cruz, foram abertas trincheiras para que se observasse a pluma colorida no perfil do solo. A abertura dos perfis foi iniciada nas extremidades de dois braços de cada cruz, conforme demonstrado na FIGURA 3. Os cortes foram feitos com aproximadamente 20 cm de distância um do outro, 12 em cada sentido das quatro cruzeiras, num total de 24 perfis, sendo duas cruzeiras do início do período chuvoso e duas do final do período chuvoso.

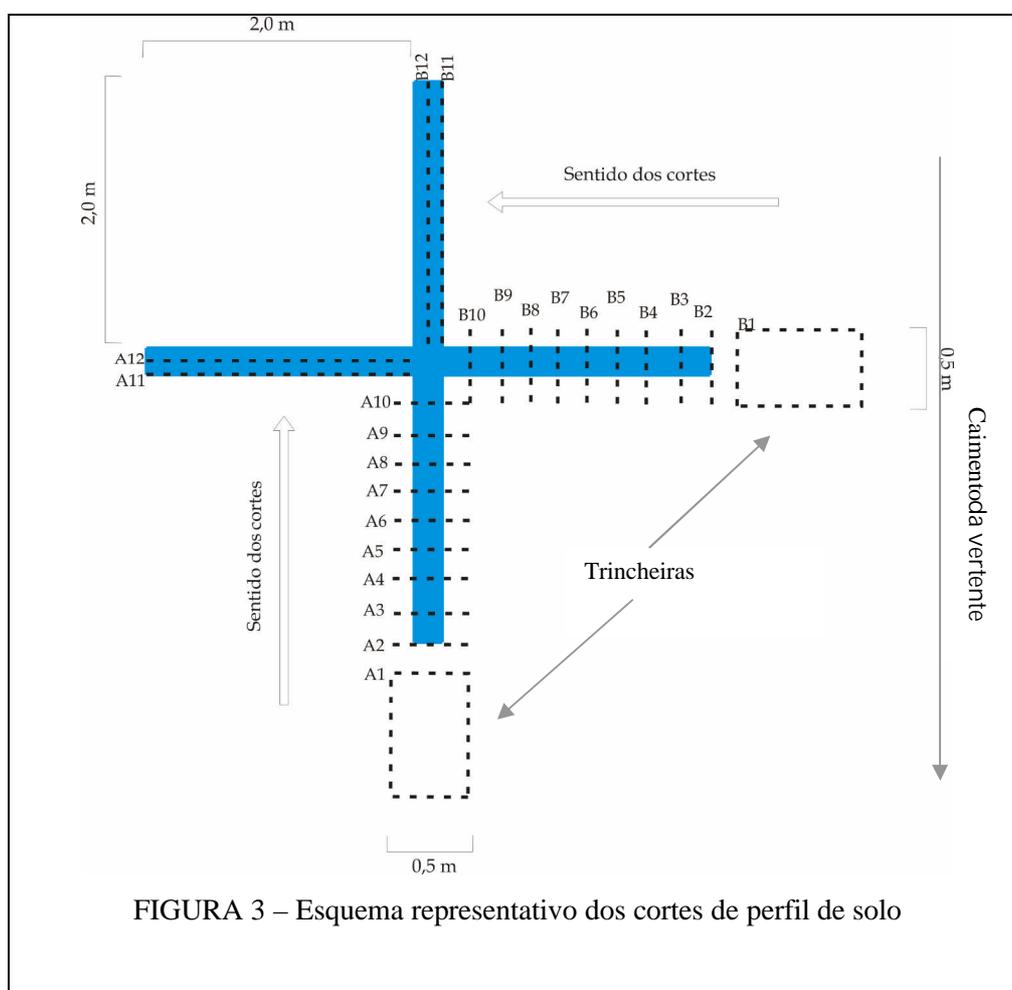


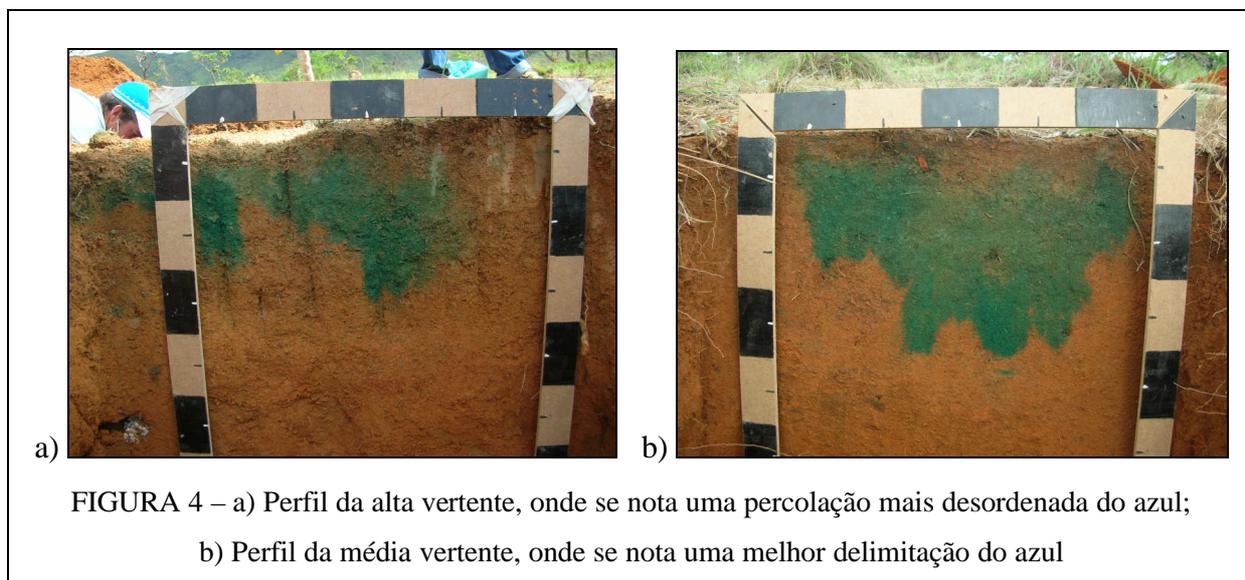
FIGURA 3 – Esquema representativo dos cortes de perfil de solo

Para o procedimento de análise das características dos solos, foi aberta uma trincheira na alta e outra na média vertente, no mesmo alinhamento das cruces, mas em área não tingida pelo colorímetro. A análise dos solos incluiu sua descrição em campo, a análise da cobertura de superfície e a coleta de amostras nos principais horizontes dos solos, a partir das quais posteriormente se realizou análise textural em laboratório.

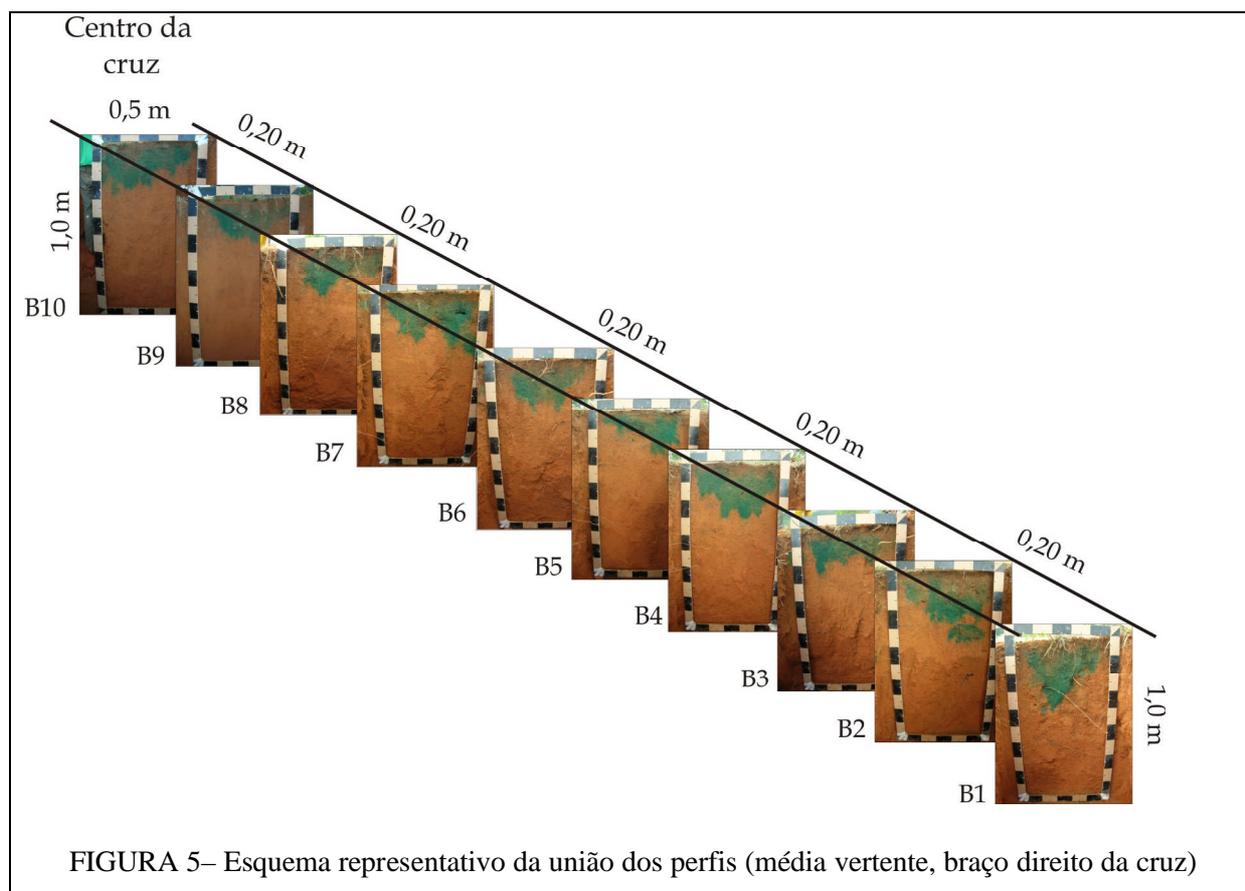
4 – Resultados e Discussões

A injeção da solução traçadora nas estações experimentais da alta vertente apresentou significativo grau de escoamento superficial empoçamento e em ambos os períodos analisados. Nas estações experimentais da média vertente a aplicação foi bastante rápida no início do período chuvoso, sem apresentar nenhum empoçamento. No entanto, no período seguinte o processo de empoçamento na superfície foi mais evidente. Estas diferenças se devem à porcentagem de cobertura do solo por capa argilo-siltosa, maior na alta porção da vertente. Esta cobertura, que causa o selamento da superfície e impede que boa parte da água infiltre, teve seus percentuais aumentados ao final do período chuvoso.

Na abertura das trincheiras da alta vertente no início do período chuvoso a profundidade máxima alcançada pela solução traçadora foi de 31 cm, enquanto nas trincheiras do final do período chuvoso a profundidade máxima foi de 73 cm. Na média vertente, a profundidade máxima alcançada pela solução traçadora foi de 41 cm no início do período chuvoso, e de 46 cm no final do período. As plumas dos perfis no cambissolo da alta vertente se apresentaram de modo mais heterogêneo e desordenado, enquanto que na média vertente a pluma indica uma percolação mais homogênea através do latossolo (FIG. 4).



Em ambos os períodos chuvosos, tanto nos perfis paralelos quanto nos perfis perpendiculares, ocorreu uma concentração da pluma no lado correspondente ao sentido do caimento da vertente, como pode ser visto nos perfis B1, B3, B5 e B7 a B10 da FIGURA 4, reforçando o argumento de que a forma da vertente tem grande influência sobre a forma e direção do movimento da percolação da água. Este fato foi especialmente notado na alta vertente, onde a declividade é mais acentuada pela forma convexa do relevo.



O solo da alta vertente, classificado como cambissolo, apresenta moderado grau de desenvolvimento de seus atributos morfológicos e horizonte B incipiente. Esse solo apresenta altos teores de areia e silte (TAB. 1) e porosidade estrutural significativa, o que lhe confere boa percolação da água no perfil. Pode-se inferir que a água passa mais rapidamente pelos horizontes A e AB, que têm poros maiores e agregação incipiente, e que tenha diminuído o ritmo de percolação no horizonte Bi, que apresenta menor porosidade e é menos estruturado. Em alguns perfis foi possível verificar que a pluma se comportou de modo concordante com o afloramento rochoso existente a pouca profundidade na alta vertente,

indicando que ainda existem estruturas pedológicas oriundas da rocha matriz que interferem nos padrões de percolação da água.

TABELA 1 – Análise granulométrica do solo da alta vertente

		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
CAMBISSOLO	Alta Vertente			
	Hor. A: 0-8 cm	53,31	23,13	23,56
	Hor. AB: 8-25 cm	43,66	25,59	30,75
	Hor. Bi: 25-37 cm	37,60	32,00	30,40
	Hor. C: 37-100 cm+	32,00	29,28	38,72

O solo da média vertente, classificado como latossolo vermelho-amarelo, apresenta elevado grau de desenvolvimento de seus atributos morfológicos, denotado pela presença dos espessos horizontes Bw (TAB. 2), que alcançam profundidades superiores a 1 metro, sem que tenham sido encontrados indícios de horizonte C. Nesse solo, os poros estruturais menores são determinantes na percolação da água, e pode-se inferir que a água passa mais livremente pelo horizonte A, mas que é em parte retida no horizonte AB, que possui poros pequenos. Essa menor porosidade associada aos maiores teores de argila resulta em alta retenção da água por capilaridade e adsorção (Tsytoovich, 1986). Provavelmente, ao chegar ao horizonte Bw₁ a água deve retomar uma percolação mais eficiente, uma vez que este horizonte apresenta poros maiores e boa estrutura.

TABELA 2 – Análise granulométrica do solo da média vertente

		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO	Média Vertente			
	Hor. A: 0-16 cm	46,30	23,80	29,90
	Hor. AB: 16-29 cm	43,30	21,80	34,90
	Hor. Bw1: 29-78 cm	37,60	20,30	42,10
	Hor. Bw2: 78-100 cm+	19,00	33,00	43,00

Outra possível explicação para a baixa infiltração na média vertente é o entupimento dos poros por argila dispersa (Kirkby, 1978), muitas vezes carregada das porções mais elevadas da vertente (Augustin, 1995b; Diniz, 2002). Isso ocorre principalmente ao final do período chuvoso, quando o menor selamento por capa argilo-siltosa deixa os poros mais

susceptíveis a serem obstruídos pelos grânulos orgânicos com alto teor de argila, que estão soltos à superfície e em maior porcentagem nesse período.

5 – Conclusões

Por meio desta pesquisa conclui-se que a ocorrência de elemento convexo na vertente interferiu significativamente no direcionamento da percolação da água de subsuperfície. Os dados também indicaram a ocorrência de uma percolação mais livre da água no cambissolo e maior retenção no latossolo. Quanto maior a umidade inicial do solo, maior foi o alcance em profundidade da água infiltrada. Os dados indicaram ainda que na porção côncava da vertente a água apresentou infiltração menos profunda, enquanto que na porção convexa a infiltração atingiu profundidades maiores.

Agradecimentos: agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro ao projeto (CRA1190) que deu suporte a esta pesquisa.

6 – Referências Bibliográficas

- AUGUSTIN, CRISTINA HELENA R. R. (1995a) **Geoökologische Studien im südlichen Espinhaçogebirge bei Gouveia, Minas Gerais, Brasilien unter besonder Berücksichtigung der Landaschaftsentwicklung.** 147 p. Tese de doutorado, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt a Main, Alemanha.
- AUGUSTIN, CRISTINA HELENA R. R. (1995b) Aspectos geomorfológicos da região de Gouveia, Espinhaço Meridional, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8º, 1995, BELO HORIZONTE. **Anais do 8º Simpósio de Geologia de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 1: 3 – 4.
- AUGUSTIN, CRISTINA HELENA R. R. (1979) **A preliminary interacted survey of the natural resources near Alcantarilla, Southeast Spain.** 209 p. Dissertação de Mestrado, University of Sheffield, Sheffield, UK.
- DINIZ, ALISSON D. (2002) **Levantamento pedológico da porção norte da bacia do ribeirão do Chiqueiro – Gouveia, MG, e a relação entre as classes de solos e a erosão.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, IGC/UFMG, Belo Horizonte, MG.
- FLURY, MARKUS; FLÜHLER, HANNES; JURY, W. A. & LEUNENBERGER, J. (1994) Susceptibility of soils to preferential flow of water: a field study. **Water Resource Research**, 30(7): 1945 – 1954.
- KIRKBY, M. J. (Ed). 1978. **Hillslope Hydrology.** Great Britain: Wiley-Interscience, 1978. 389 p.
- MORAIS, FERNANDO DE (2007) **Estudo dos fatores pedogeomorfológicos intervenientes na infiltração em zonas de recarga no Complexo Metamórfico Bação, Minas Gerais.** Tese (Doutorado em Geociências) – DEGEO/UFOP, Ouro Preto, MG, 132 p.
- PORTILHO, SIDNEY (2003) **Perda de solo por escoamento superficial e os padrões de infiltração e percolação da água no solo, microbacia do Córrego Quebra, Gouveia, Espinhaço**

- Meridional, MG.** 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, IGC/UFMG, Belo Horizonte, MG.
- THURLER, E. R., FERNANDES, N. F., GUERRA, A. J. T. (1996) Condicionantes dos processos de infiltração e drenagem em solos submetidos a diferentes tratamentos em parcelas experimentais. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7^o, 1996, CURITIBA. **Anais do 7º Simpósio de Geografia Física Aplicada.** Curitiba.
- TSYTOVICH, N. (1986) **Soil Mechanics: Concise Course.** Moscow: MIR Publishers, 1986. 391 p.
- WEILER, MARKUS HELMUT (2001) **Mechanisms controlling macropore flow during infiltration: dye tracer experiments and simulations.** Dissertation (Ph. D. in Technical Sciences) – ETHZ, Zürich, 151 p.