

Dinâmica hídrica de Neossolo Regolítico de ambiente de Cerrado do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG

Hydraulic dynamics of Regolithic Neosol in the Cerrado environment of the Serra da Canastra National Park-MG

Jefferson Gomes Confessor*, Lara Luiza Silva**, Silvio Carlos Rodrigues***

*Instituto de Geografia, Universidade Federal de Catalão, e-mail: jgconfessor01@gmail.com

**Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: laraluiza97@hotmail.com

***Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: silgel@ufu.br

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v61i1.94167>

Resumo

O conhecimento da dinâmica hídrica dos solos auxilia na compreensão dos processos atuantes nas paisagens, visto que a água em seu movimento adiciona, remove e transforma elementos. O entendimento do funcionamento de ambientes naturais além de corroborar na compreensão da dinâmica natural dos sistemas também se torna referencial para adoção de medidas em áreas sob diferentes estágios de degradação. Neste sentido, este estudo teve por objetivo de analisar as características físico/hídricas de um Neossolo Regolítico inserido em ambiente de Cerrado do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. Para tal foram utilizados dois modelos distintos de infiltrômetros de campo, sendo um simulador de chuvas e um infiltrômetro de anéis concêntricos. Os resultados envolvendo o uso do simulador de chuvas revelaram alta capacidade de infiltração do solo (99,31%) mesmo quando submetido a eventos de alta intensidade (57,4 mm/h). O infiltrômetro de anéis revelou elevados volumes de velocidade básica de infiltração (317,58 mm/h). Os valores indicam que apesar de pouco espesso, o solo caracterizado por material grosseiro (areais e cascalhos lateríticos) possui alta capacidade de incorporar a água precipitada no perfil, gerando fluxos laterais em subsuperfície entre as partes mais altas e baixas da vertente, realizando a movimentação do elemento Fe junto ao fluxo de água subterrâneo.

Palavras-chave:

Infiltração, Água do solo, Infiltrômetro; Hidrogeomorfologia.

Abstract

The knowledge of soil water dynamics aids in understanding the processes at play in landscapes, as water in its movement adds, removes, and transforms elements. Understanding the functioning of natural environments not only contributes to comprehending the natural dynamics of systems but also serves as a reference for adopting measures in areas at different stages of degradation. In this sense, this study aimed to analyze the physical/hydraulic characteristics of a Regolithic Neosol located in the Serra da Canastra National Park, MG. For this purpose, two different models of field

infiltrators were used, namely a rain simulator and a concentric ring infiltrometer. Results involving the use of a rain simulator indicated high soil infiltration capacity (99.31%) even when subjected to high-intensity events (57.4 mm/h). The ring infiltrometer revealed high values of basic infiltration velocity (317.58 mm/h). The values indicate that despite being thin (20 cm), the soil characterized by coarse material (sandy and lateritic gravel) has a high capacity to incorporate water precipitated into the profile, generating subsurface lateral flows between the higher and lower parts of the slope, causing movement of Fe element along with underground water flow.

Keywords:

Infiltration, Soil water, Infiltrometer, Hydrogeomorphology.

I. INTRODUÇÃO

A água caracteriza-se como elemento de alta capacidade de influenciar nos processos de formação e transformação das paisagens (LE MAITRE et al., 2007). Através de seu movimento, promove a adição, alteração e redistribuição de elementos, modificando processos físicos e químicos, repercutindo diretamente na distribuição biológica, de maneira a consolidar-se como elemento capaz de imprimir características próprias ao meio (ARTUR et al., 2014; WESTALL, BRACK, 2018; JARDIM et al., 2020; FONTANA et al., 2022; SILVA et al., 2024).

A partir de sua entrada sobre sistemas terrestres através das precipitações, os solos e as rochas se comportam como reservatórios dinâmicos dos volumes, onde seus atributos influenciam nas formas e velocidades do movimento da água, repercutindo nos processos de escoamento, infiltração, percolação e armazenamento (MENEZES et al., 2009; HOFFMANN et al., 2022), ou seja, em sua disponibilidade aos ambientes.

Através do conhecimento da velocidade de infiltração da água e de suas relações com as propriedades do solo, torna-se possível determinar as taxas de drenagem e deflúvio superficial (NERY et al., 2017; FLACH et al., 2020; VIDALETTI et al., 2021), de modo a viabilizar a compreensão de seu movimento nas paisagens, e por consequência, dos processos correlativos.

Neste sentido, ao estudar os ambientes em suas condições naturais, tornam-se conhecidas as características das propriedades do solo e da dinâmica da água em que o ambiente original se desenvolve (JUHÁSZ, 2006), tornando estes estudos a base para assimilar o funcionamento dos sistemas naturais, fornecendo referencial para o estabelecimento de medidas corretivas de áreas antropizadas.

Contudo, a obtenção de dados hidrogeomorfológicos em ambientes de campo caracteriza-se como operação complexa, em que, diversos fatores podem influenciar no tempo, características e custos de execução destes experimentos. Uma alternativa para acelerar a aquisição de dados perfaz na utilização de equipamentos

denominados de infiltrômetros, os quais se subdividem entre infiltrômetros de inundação e simuladores de chuvas.

Infiltrômetros de inundação são caracterizados por cilindros de volume conhecido que são inseridos no solo. Seu funcionamento se efetiva por meio da inundação por água de uma determinada área circundada por estes cilindros, de forma a aprisionar o volume em seu interior e permitir o conhecimento da passagem da água por entre os poros do solo em tempo estimado (NASCIMENTO et al., 2020), revelando sua capacidade máxima de infiltração.

Já os simuladores de chuvas visam replicar as pluviosidades naturais de forma artificial, tendo como princípio de funcionamento a aplicação da água em forma de gotas sobre a superfície, como ocorrente em uma precipitação natural (KOCK et al., 2023). Por meio de seu funcionamento, replica-se também os processos dependentes das gotas de chuva, se assemelhando ao funcionamento natural e seus efeitos (DUNKERLY, 2008; KOCH et al., 2024), produzindo um estudo mais completo, e, apesar de não idêntico, mais condizente possível com a realidade dos fatos.

Entretanto, a simples produção de gotas não torna qualquer equipamento um simulador de chuvas, visto que as pluviosidades reais possuem características intrínsecas para cada evento. Visando aferir maior confiabilidade de uso, parâmetros mínimos foram estipulados para calibração de simuladores de chuvas como equipamentos de aquisição de dados hidrogeomorfológicos (LORA et al., 2016; CONFESSOR et al., 2022), conferindo características às chuvas simuladas para expressarem atributos semelhantes às precipitações naturais (LAZARUS et al., 2023).

Devem atender a critérios específicos, como: Realizar aplicação de água de forma continua sobre a área de testes; Expressar área molhada superior a $0,50 \text{ m}^2$; Apresentar distribuição homogênea da precipitação, exibindo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) acima de 80%; Apresentar gotas com diâmetro médio similar às gotas naturais; As gotas produzidas devem colidir com a superfície em velocidade terminal próxima às de gotas naturais de diâmetro semelhante, expondo relação entre a energia cinética das gotas produzidas com as naturais de no mínimo 75%; e por fim; Replicar intensidades que representem as características das regiões geográficas de onde os estudos serão realizados (ALVES SOBRINHO et al., 2002; CONFESSOR; RODRIGUES, 2018; MACEDO et al., 2021; KUSUMANDARI et al., 2021; CONFESSOR et al., 2024a).

Deste modo, este trabalho tem por objetivo de compreender a dinâmica hídrica de um Neossolo Regolítico desenvolvido em ambiente de Cerrado, o qual insere-se dentro da unidade de conservação do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. Para tal, o levantamento de dados primários a campo foi realizado através

do uso de infiltrômetros (simulador de chuvas e infiltrômetro de anéis concêntricos), sendo os resultados obtidos confrontados com os demais condicionantes paisagísticos, como relevo, solos, vegetação e litologia.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudos localiza-se em uma vertente presente nas coordenadas (20°13'59.90"S - 46°36'14.31"O), a qual insere-se em um contexto regional de Montanhas Serras do Parque Nacional da Serra da Canastra (RORIGUES et al., 2023). Para análise de sua dinâmica hídrica foram utilizados dois modelos distintos de infiltrômetros, sendo um Simulador de chuvas para averiguar o comportamento do solo frente a precipitações de alta intensidade e um Infiltrômetro de anéis concêntricos para averiguar a capacidade total de infiltração do solo.

O Simulador de Chuvas foi construído baseando-se no modelo exposto por Luck et al. (1986), sendo devidamente calibrado para expressar as características de suas chuvas reproduzidas dentro dos parâmetros científicos necessários. Para replicar precipitações de alta intensidade semelhantes às ocorrentes na região de estudo, o equipamento foi calibrado com base nas informações captadas pela Estação Climatológica Vargem Bonita (2046013) (CONFESSOR, 2023). Foram analisados 46 anos de dados de precipitação, e através da curva de regressão dos volumes das chuvas erosivas (>10 mm) a intensidade de 53,9 mm/h foi estabelecida como valor de referência a ser reproduzido pelo equipamento.

Utilizando-se do bico de aspersão 27 wsq (Spraying Systems) posicionado a uma altura de 2,65 metros e pressão de funcionamento de 10 *psi* o simulador de chuvas replicou precipitações de 57,4 mm/h de intensidade, com diâmetro de gotas de 1,51 mm (D_{50}), expondo relação entre a energia cinética das gotas produzidas e naturais de mesmo diâmetro de 101%, com coeficiente de uniformidade da lâmina aplicada sobre a superfície (CUC) de 94,9 %. Podendo os procedimentos para montagem e calibração serem acompanhados em maiores detalhes em Confessor (2023).

Para validar os dados coletados, a metodologia adotada baseou-se nos trabalhos de Mhaske et al. (2019), Macedo et al. (2021) e Salem e Meselhy (2021). Estes estudos consideraram três repetições como suficientes para um processo de avaliação confiável. Desta maneira, foram aplicadas três réplicas de precipitações em diferentes locais da vertente.

Utilizando-se de uma parcela com dimensões de 70x100 centímetros (SOBRINHO et al., 2008), delimitou-se a área de captação de dados do simulador de chuvas, onde os volumes escoados superficialmente foram

coletados em tempos de 5 em 5 minutos até findar 60 minutos de simulação, totalizando 12 amostras por ensaio.

Para o conhecimento da capacidade máxima de infiltração do solo, utilizou-se de um Infiltrômetro de anéis concêntricos semiautomático de carga pouco variável (Figura 1) (CONFESSOR et al., 2024b). O equipamento estabeleceu uma coluna d'água de 5 centímetros sobre a superfície do solo ao longo de 3 horas de experimentos (CONFESSOR, 2023). Os valores de infiltração foram captados em parciais de 10 minutos até findar os ensaios, totalizando 18 amostragens. Através do uso deste equipamento foram realizados três ensaios na área de experimentos (ROCHETA et al., 2015), sendo os pontos de coleta estabelecidos de forma aleatória (Figura 1).

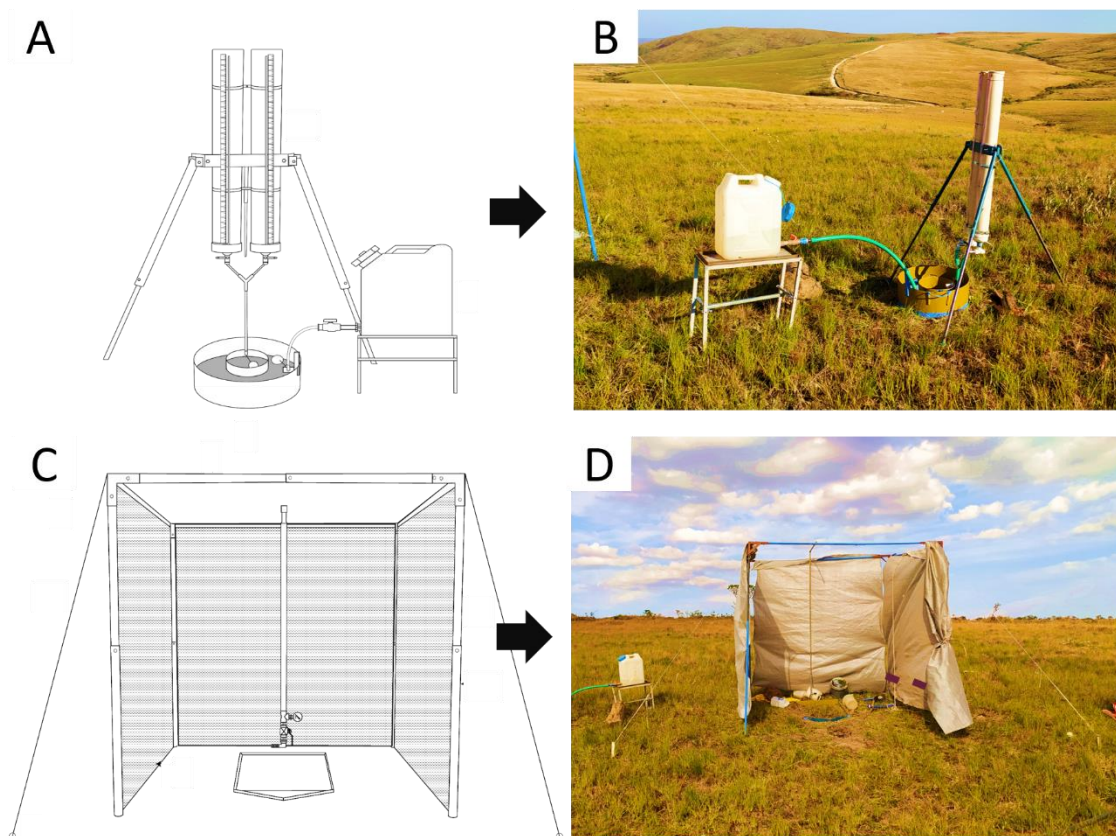


Figura 1 - Equipamentos utilizados na pesquisa. Infiltrômetro de anéis concêntricos semiautomático de carga pouco variável (A e B); Simulador de chuvas e proteção contra o vento (C e D). Fonte: Atores.

A avaliação da cobertura vegetal foi conduzida utilizando-se o software ENVI 4.2, empregando a técnica de classificação supervisionada de imagens. Foram capturadas imagens da superfície das parcelas a uma altura

de 1 metro do solo momentos antes das simulações de chuva. Posteriormente, as imagens foram processadas para evidenciar a relação entre o solo exposto e o recoberto pela vegetação (PINESE et al., 2008).

O solo da área foi classificado através da abertura de um perfil, sendo adotado o sistema brasileiro de classificação dos solos como referência (SANTOS, 2018). Para conhecimento de suas características físicas (Densidade total, Densidade de partículas, Granulometria e porosidade total), amostras foram coletadas por meio da escolha aleatória de 4 pontos ao longo de toda área de experimentos, sendo as amostras tratadas conforme manuais (TEIXEIRA et al., 2017).

Em cada ponto, foram retiradas amostras indeformadas em superfície (0-5 centímetros) para conhecimento da densidade total do solo, de partículas e porosidade total. Também foram extraídas amostras deformadas em subsuperfície em intervalos uniformes de 10 centímetros até a profundidade de 50 centímetros (5 amostras por ponto), necessárias para conhecimento das características granulométricas.

A investigação da perda de água do solo por evaporação envolveu a coleta de três amostras indeformadas a uma profundidade de 0 a 5 centímetros por meio do uso de anéis volumétricos de 100 cm³. As amostras foram submersas em água por um período de 2 horas, com subsequente drenagem e pesagem após 1 hora. A partir desse momento, as amostras foram pesadas a cada intervalo de 24 horas ao longo de um período de seis dias (CONFESSOR, 2023). A perda de água foi monitorada pela variação de peso entre a amostra inicial e as subsequentes.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vertente de estudos possui 1 quilômetro de comprimento e desnível entre o topo e fundo de vale de 80 metros. Distribui ao longo de sua extensão diferentes níveis de declividade, tipos de solos e de cobertura vegetal. A área em análise ocupa uma delgada parte de seu terço superior (Figura 2 - B), inserindo-se na transição entre um relevo suave presente no topo e um mais íngreme encontrado no restante da vertente, apresentando declividade média de 7,8%.

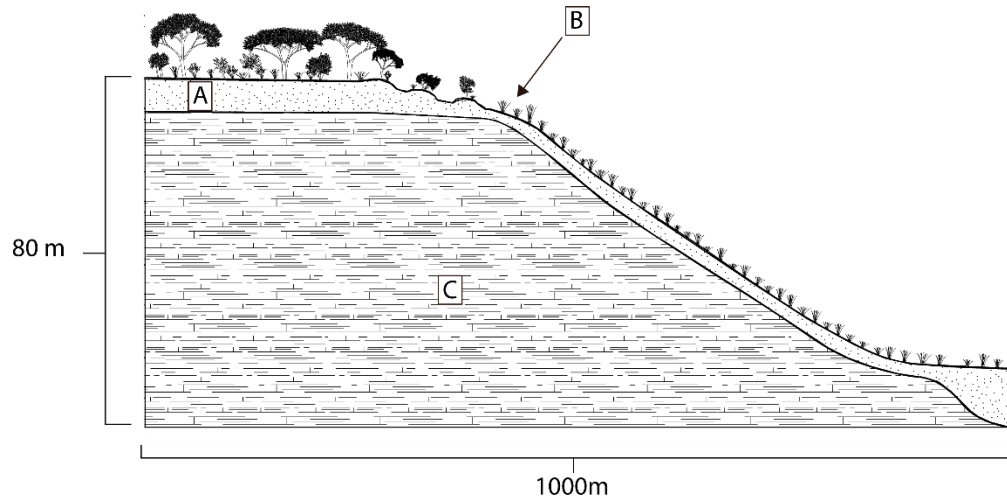


Figura 2 - Croqui da vertente de estudos. Distribuição da profundidade dos solos (A); Ponto de estudos (B); Rocha (C). Fonte: Autores

A vegetação que recobre o local é composta por um conjunto de plantas de pequeno porte, exibindo espécimes rasteiras constituídas de gramíneas e herbáceas, expondo alturas médias predominantemente inferiores a 30 centímetros, consolidando-se como uma fitofisionomia de campo limpo, caracterizado por conjunto heterogêneo de plantas (Figura 3).

A composição vegetal diversificada se apresentou como uma combinação de espécies de baixa estatura ocorrentes nas áreas circunvizinhas, exibindo um mix variado de plantas de maneira a se comportar como uma área de transição, representada por um conjunto de plantas de folhas estreitas entremeadas por plantas de folhas largas.

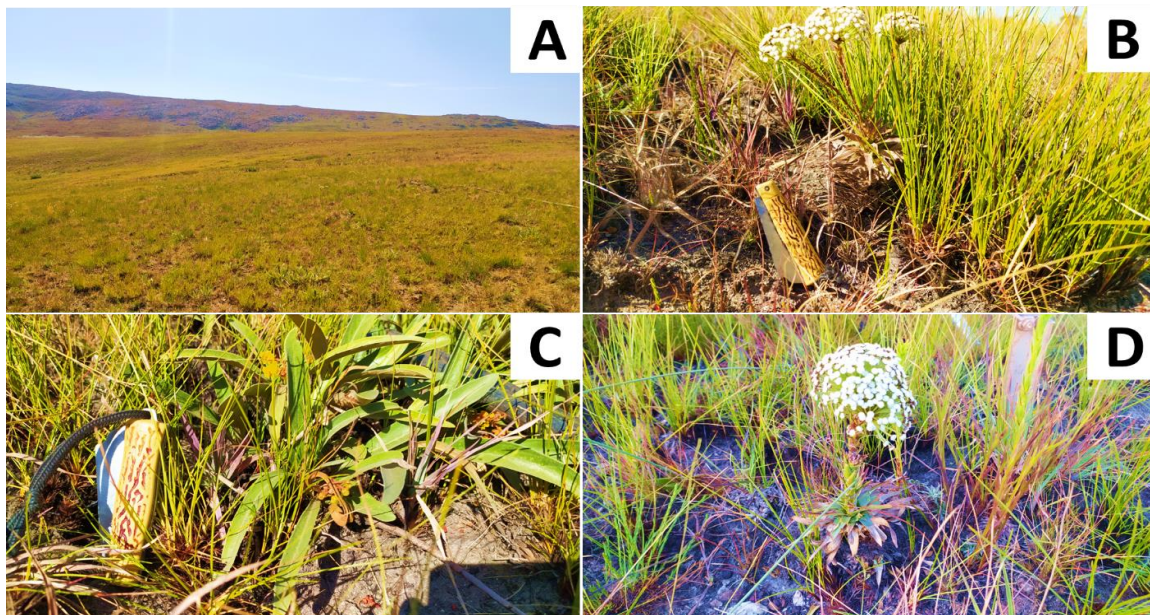


Figura 3 - Características da vegetação da área de estudos. Vegetação rasteira de campo limpo (A); Composição heterogênea de espécies rasteiras (B; C; D). Fonte: Autores.

As distintas formas, arranjos estruturais e hábitos de crescimentos das plantas produziram uma cobertura vegetal de distintos estratos, com diferentes estruturas foliares e subterrâneas. Apesar do estudo ocorrer no período de entre chuvas da região, apenas uma pequena parte da vegetação apresentou estruturas secas, exibindo maior parte do conjunto vegetativo indivíduos com folhas verdes, e, em casos pontuais espécies enfiorecidas. Apesar da variedade, baixos valores de recobrimento do solo foram constatados, com valor médio de 40,61% (Figura 4).

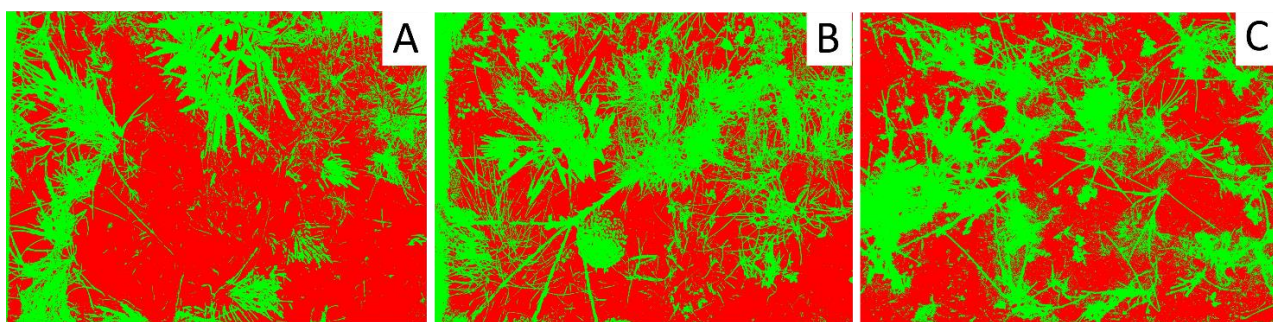


Figura 4 - Relação da cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. Solo exposto (vermelho)/Cobertura vegetal (verde). Figura A- 71,18% de solo exposto; Figura B- 70,59 % de solo exposto; Figura C- 65,81% de solo exposto. Fonte: Autores.

A baixa estatura, presença de estruturas secas, crescimento esparso entre plantas e a predominância de indivíduos de folhas estreitas auxiliaram nos baixos valores de cobertura revelados. Concomitante a estes aspectos, a área também não apresentou serrapilheira depositada sobre a superfície, fato resultante de queimas frequentes na região.

O solo local classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico apresentou-se pouco espeço, com profundidades médias de 20 centímetros, estruturando-se sobre a rocha quartzítica. Caracteriza-se por um horizonte superficial de aproximadamente 5 centímetros de espessura, constituído de material arenoso que se sobrepõe a uma camada de cascalhos arredondados de concreções ferruginosas petrificadas (petroplintitas), abundantes no diâmetro médio de 5 mm (Figura 5).

Em locais onde os processos erosivos atuaram na retirada de materiais, houve a exumação dos cascalhos, estando dispersos sobre a superfície em meio a vegetação. Observou-se também com baixa frequência, lajes de material concrecionário em superfície, havendo próximo a estes locais concreções de 10 centímetros de diâmetro em meio aos cascalhos de menor diâmetro.

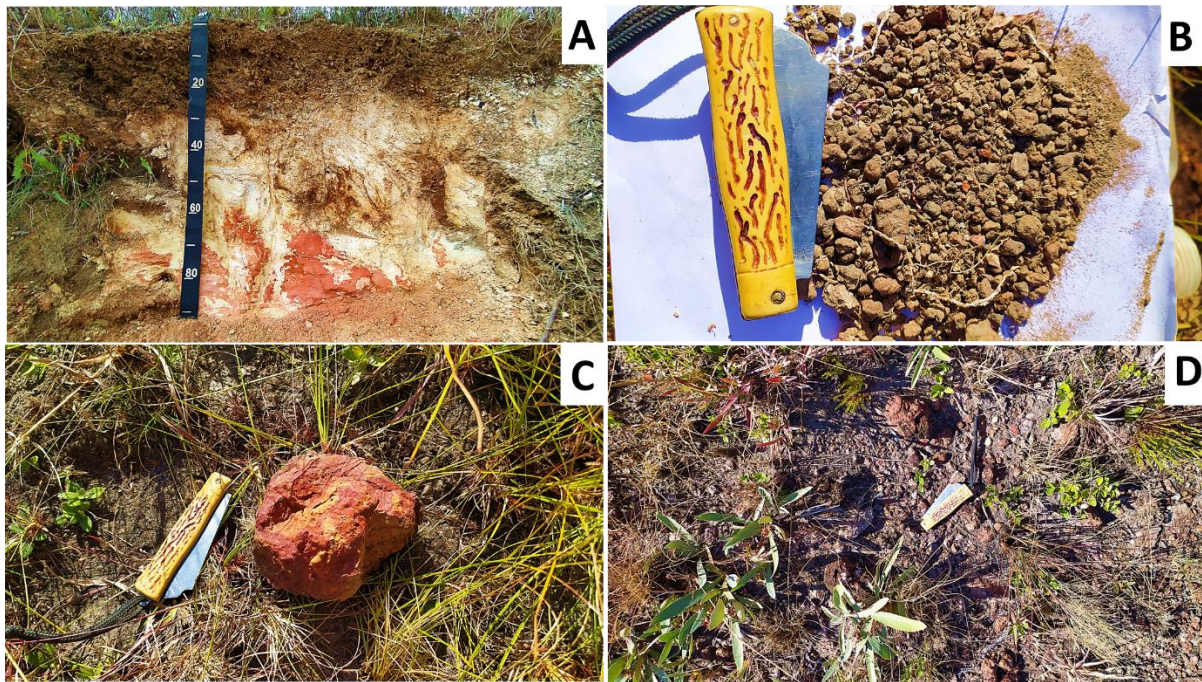


Figura 5 - Características do solo local. Perfil de solo com granulometria mal graduada (A); Cascalhos petroplintíticos abundantes em profundidades abaixo de 10 cm (B); Concreção ferruginosa de 10 cm de diâmetro (C); Cascalhos exumados em superfície (D). Fonte: Autores.

A granulometria revelou solos mal graduados, exibindo para camada superficial (0-10) material predominante de granulometria fina (62,1% menor que cascalho) quando comparada a camada subjacente (10-20), a qual apresentou 66,2% de cascalhos (Figura 6). A matriz grosseira aliada aos baixos teores de argilas em ambas as camadas (12,3% e 6,7%) produziram um solo com baixa agregação, refletindo em um pacote de materiais com pouca estrutura, com cascalhos lateríticos envoltos em materiais de menor calibre, principalmente por areias.

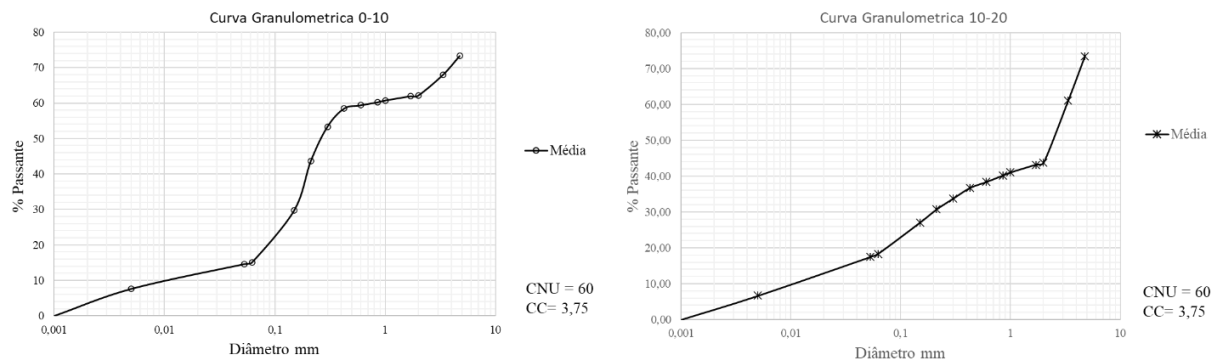


Figura 6 - Curvas Granulométricas. *Cu-Coefficiente de Uniformidade; *Cc-Coefficiente de Curvatura. Fonte: Autores.

O solo apresentou estrutura dos agregados fraca, com valores de densidade total (Dt) revelando que o solo da área não se encontra compactado, exibindo valores abaixo do limite crítico de 1,81 (Dt) exposto por

Reichert et al., (2007), refletindo em uma porosidade acima dos limites ideais de 0,50 estipulados por kiehl (1979) (Tabela 1).

Os baixos valores de Dt e altos valores de porosidade estão ligados à composição granulométrica variável, advindos principalmente do arranjo caótico das partículas de diferentes calibres ao longo do perfil, em especial, a grande presença de cascalhos lateríticos arredondados.

Tabela 1- Análise Física do solo; Dp- Densidade de partículas; Dt – Densidade total; Pt- Porosidade Total.

Dp	Dt	Pt
(g/cm ³)	(g/cm ³)	(%)
2,27	1,09	0,52

Fonte: Autores.

Os dados produzidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram para o solo local um pico inicial de velocidade de infiltração de 694,72 mm/h (Figura 7), estabilizando-se a partir de 60 min de experimentos, passando a expor velocidade básica de infiltração (VIB) de 317,58 mm/h. Segundo Fagundes et al., 2006, taxas acima de 30 mm/h são consideradas como muito altas.

Ao comparar os valores de VIB do local com volumes apresentados por outras áreas presentes na mesma vertente (topo vertente - 626,56 mm/h; média vertente - 22,5 mm/h; e fundo de vale - 50,74 mm/h - CONFESSOR et al., 2024c; CONFESSOR et al., 2024d; CONFESSOR et al., 2024e), nota-se que os atributos fisiográficos do local em estudo contribuíram para formação de condições favoráveis para incorporação da água no solo, revelando taxas muito acima das expostas por outros locais da vertente.

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 57,43%, indicando que este ambiente possui alta capacidade de infiltração e percolação de água no perfil do solo, mesmo quando saturado por água por longos períodos, apresentando correlação de R² 0,88 para os valores da curva de infiltração.

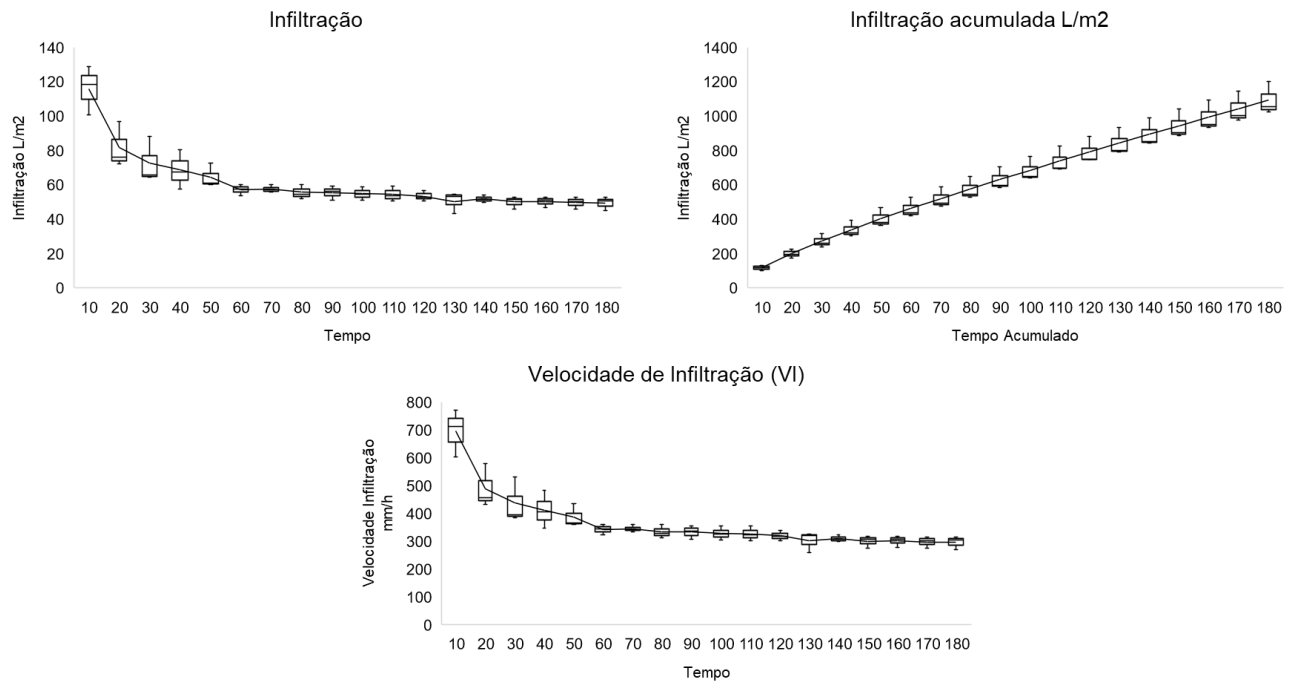


Figura 7 - Infiltração infiltrômetro de anéis. Fonte: Autores.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram que o fluxo superficial se originou aos 11:50 minutos após o início da precipitação, gerando uma abstração inicial de 11,32 mm (19,72% do total precipitado ao longo de todo período de experimentos). Apesar do início do escoamento, o fluxo cessou-se aos 50 minutos de testes, voltando a apresentar infiltração total da água precipitada.

A água em seu movimento de infiltração no perfil do solo pode gerar a desobstrução de eventuais poros, induzindo a formação de canais preferenciais para percolação dos fluxos, reduzindo as taxas escoadas superficialmente e aumentando a infiltração, conferindo baixos valores de correlação para curva de escoamento, $R^2 = 0,08$ (Figura 8).

No geral, foram escoados apenas 0,69 % dos totais precipitados (0,39 litros), evidenciando para este ambiente grande capacidade de retenção de água, mesmo sob precipitações de alta intensidade. Fato comprovado ao comparar com os volumes escoados em áreas da vertente abaixo, as quais expuseram volumes de 17,4 litros na média vertente e 13,62 litros no fundo de vale (CONFESSOR et al., 2024d, 2024e), se equiparando com a área do topo, a qual não apresentou escoamento (CONFESSOR et al., 2024c).

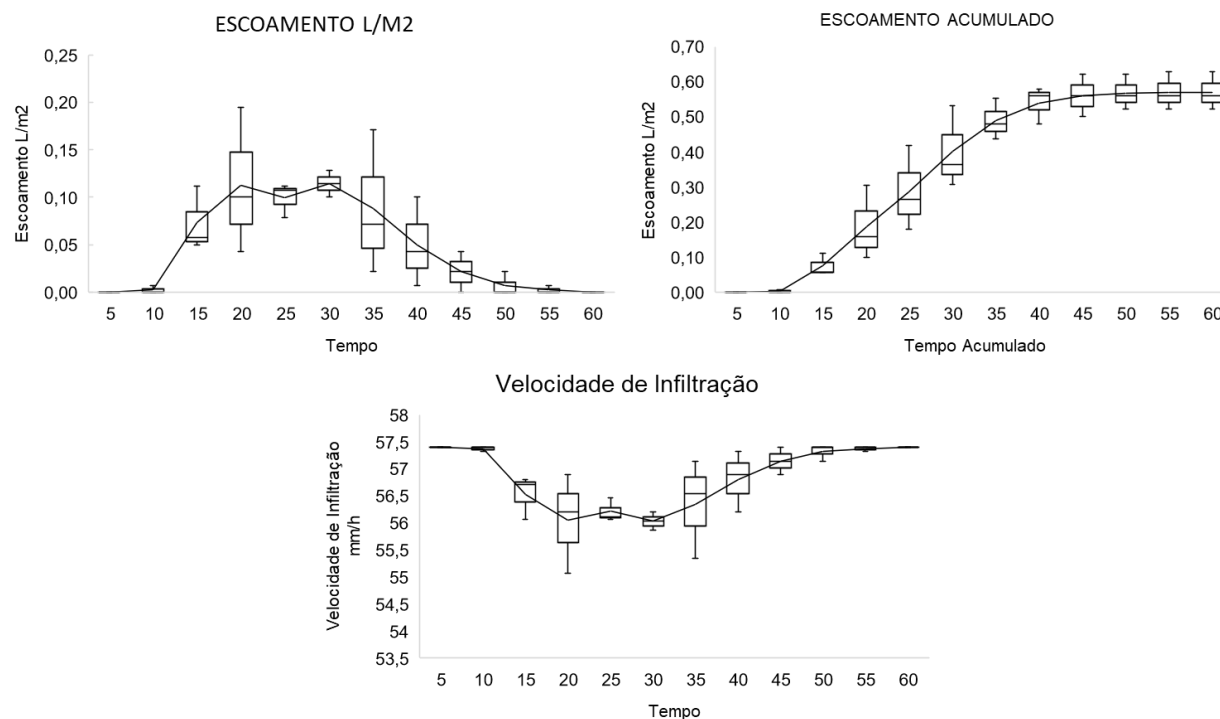


Figura 8 - Curvas de escoamento e infiltração produzidas pelo simulador de chuvas. Fonte: Autores.

Após saturado, o solo do local exibiu capacidade de armazenamento de $0,72 \text{ ml/cm}^3$, com perdas de água por evaporação que decresceram de forma constante ao longo do tempo, sendo evaporados para o período de seis dias um volume total de $0,37 \text{ ml/cm}^3$, correspondendo a 56,16 % de toda água retida no solo (Figura 9).

Os maiores volumes foram visualizados nas primeiras 96 horas, sendo evaporados para este período 88,81 % dos totais. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de $0,37 \text{ ml/cm}^3$ ao final de seis dias, ou seja, 43,83% de sua capacidade total de armazenamento, indicando rápida recomposição de seus espaços vazios, capacitando-o a incorporar novos valores de entrada advindos de precipitações subsequentes.

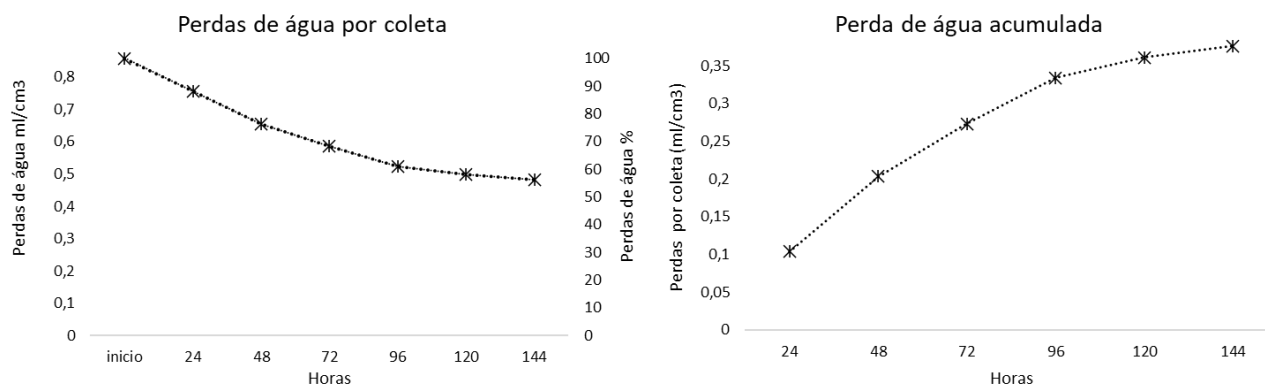


Figura 9 - Perdas de água por evaporação. Fonte: Autores.

No geral, a área exibiu alta capacidade de infiltração, onde a composição da matriz granulométrica do solo em suas diferentes camadas refletiu na formação de ambientes com boa porosidade, exibindo canais preferenciais para o movimento descendente da água no perfil do solo.

A camada arenosa superficial permitiu a infiltração dos volumes, e o pacote de cascalhos lateríticos viabilizou sua percolação no perfil, proporcionando rotas preferenciais para o movimento da água em profundidades, conduzindo-a de forma rápida, de maneira a não gerar resistência ao fluxo de infiltração descendente.

Apesar do solo pouco espesso, o contato da camada de cascalhos com a superfície rochosa quartzítica consolidou-se como um pacote drenante, reconduzindo o sentido do movimento do fluxo da água no perfil, passando de vertical descendente para horizontal (Figura 10), contribuindo para os altos valores de VIB alcançados.

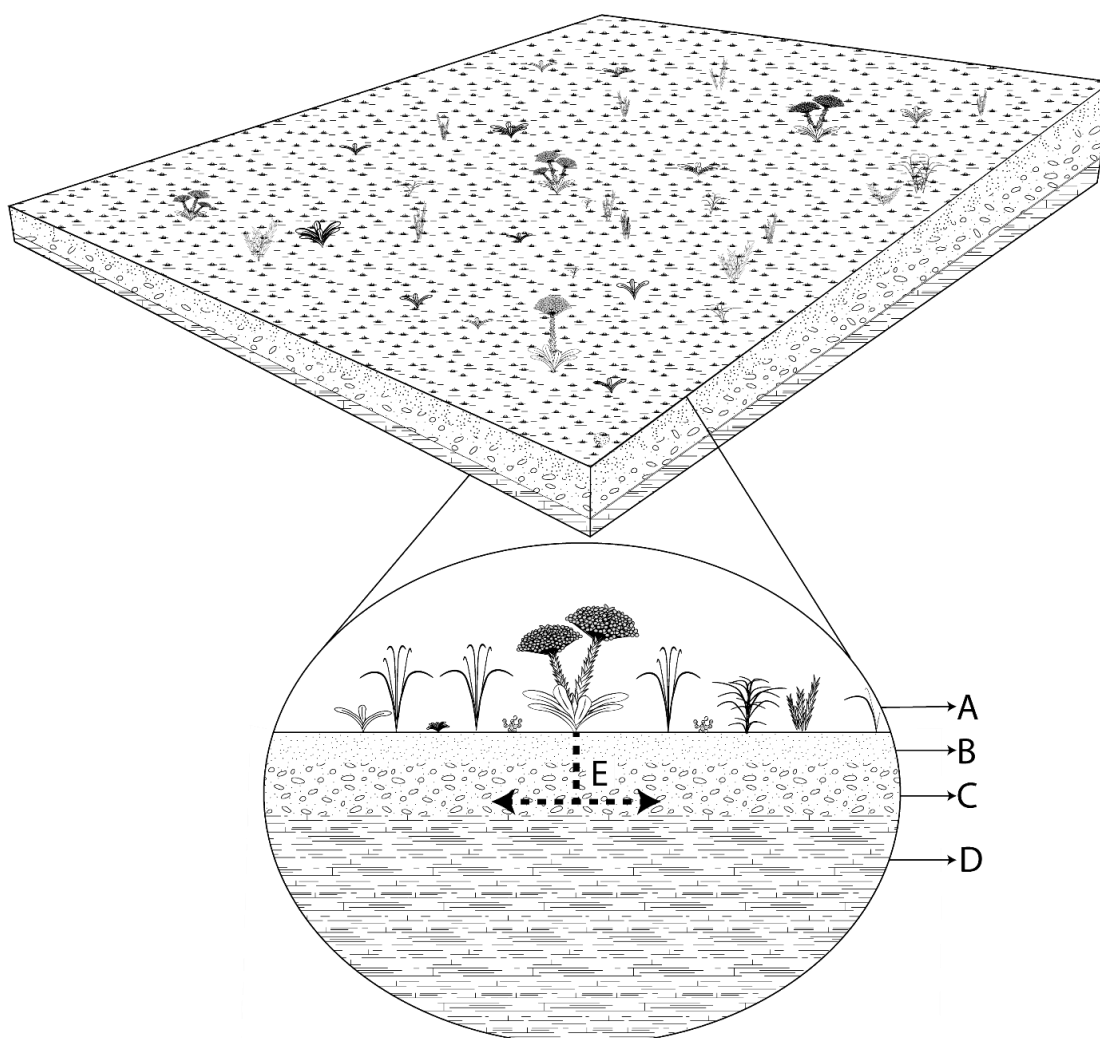


Figura 10 - Croqui da área de estudos. Cobertura vegetal rasteira heterogênea (A); Camada de solo arenoso (B); Camada de cascalhos lateríticos (C); Rocha Quartzítica (D); Forma do movimento do fluxo de água no perfil do solo. Fonte: Autores.

Ao longo da área, em locais onde processos erosivos exumaram a rocha quartzítica foram visualizados fluxos de água subsuperficiais sendo drenados do pacote de cascalhos no contato com a rocha, indicando a facilidade do movimento da água neste horizonte do solo (Figura 11).

A grande presença de cascalhos lateríticos arredondados indica que a área se comporta como local que abriga processos pedogenéticos de formação e/ou deposição de materiais. A alta permeabilidade do solo oferta ambientes para ocorrência de reações redox, onde os espaços porosos incorporam ar ao solo, oxigenando os fluxos subsuperficiais de modo a oxidar o ferro dissolvido na solução de água.

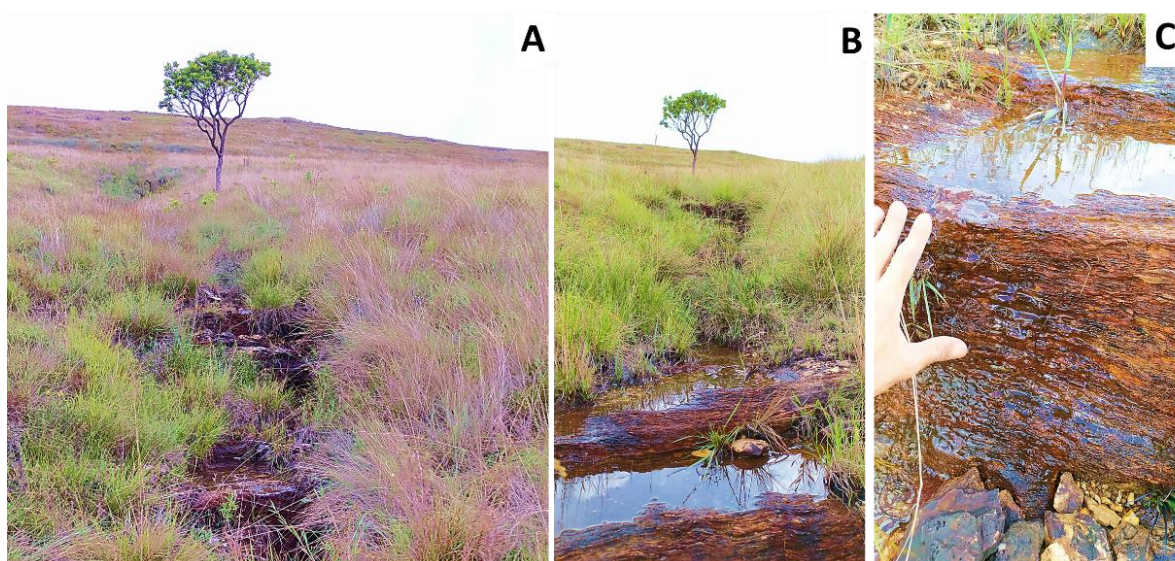


Figura 11- Movimento de exfiltração da água. Canal erosivo (A); Exfiltração da água (B e C). Fonte: Autores.

A oxidação do ferro o precipita na matriz arenosa, aglutinando as partículas, dando origem a cascalhos lateríticos. Os cascalhos dispõem-se predominantemente em profundidade, próximo ao contato com a rocha, local onde a oscilação do nível freático ocorre com maior frequência, contribuindo para formação da camada de cascalhos reportada no local.

A laje laterítica em superfície indica que o ambiente tem passado por processos de erosão, onde o vale tem se expandido através da remoção dos materiais, havendo o recuo da vertente. Entretanto, as faixas de couraças lateríticas atuam no sistema como agentes barradores da erosão remontante, visto que se apresentam de difícil intemperismo químico e físico (OLIVEIRA, 2003; MAKLUR; NARKHEDE, 2018).

Neste sentido, o recuo erosivo da vertente é freado neste local, sendo possível observar a dicotomia da declividade entre áreas da vertente acima e abaixo, com relevo mais declivoso a jusante e mais suave a

montante. O barramento da erosão neste ponto em específico proporciona a proteção dos ambientes acima, de modo a preservar os processos que neles se efetivam.

IV. CONCLUSÕES

Em síntese, a área de estudos ocupa um local de transição na vertente, inserindo-se entre o topo plano e áreas mais íngremes vertente abaixo. Sua posição na vertente influenciou diretamente nas variáveis ambientais encontradas, repercutindo na composição da vegetação, no movimento da água e nos processos de formação e estruturação dos solos.

Classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico, o solo desenvolvido sobre a rocha quartzítica apresentou-se pouco espesso e de granulometria variada, havendo predomínio de cascalhos lateríticos arredondados e areias, resultando em baixa agregação e elevada porosidade.

Estes atributos proporcionaram alta capacidade de infiltração, sendo revelado através dos equipamentos baixos valores de escoamento superficial (0,39 litros), mesmo quando submetido a precipitações simuladas de alta intensidade (57,4 mm/h), sendo evidenciando pelo infiltrômetro de anéis elevados valores de VIB (317,58 mm/h).

Por apresentar alta permeabilidade, baixa profundidade e inserir-se sobre a rocha quartzítica pouco porosa, a água infiltrada desloca-se no interior do solo de forma vertical até o contato lítico, passando a escoar lateralmente sobre a rocha até porções mais baixas da vertente.

Após saturação, o solo exibiu alta capacidade de recomposição de sua porosidade, permitindo a incorporação de novos valores de entrada. Tais características indicam que este ambiente se comporta como uma área de transição dos fluxos hídricos, deslocando-os subsuperficialmente entre as áreas vertente acima e o fundo de vale.

A presença de cascalhos lateríticos exumados e lajes ferruginosas em superfície aponta a ocorrência de processos erosivos ativos em áreas pontuais. Entretanto, as faixas de couraças lateríticas desempenham um papel de proteção dos solos vertente acima contra a erosão remontante, atuando na redução da perda dos materiais através de sua resistência química e física, contribuindo para preservação dos ambientes e dos processos associados vertentes acima.

Estes aspectos reverberaram na ocupação biológica, influenciando diretamente na composição da vegetação, a qual exibiu fitofisionomia de campo limpo, com plantas de baixa estatura, compostas principalmente por gramíneas e herbáceas.

Portanto, conclui-se que a área de estudos apresenta uma complexa interação entre elementos geológicos, vegetativos e pedológicos, resultando em um ambiente com alta capacidade de infiltração, resistência a erosão e eficiente resposta aos eventos de precipitação.

Agradecimentos

Agradecimento à CAPES pela bolsa de doutorado do primeiro autor, e pelo financiamento parcial da pesquisa pelo CNPQ, Bolsa PQ 302924/2019-1 e Universal 403412/2023-4, e Projeto CAPES/UFU/PRINT88887.311520/2018-00".

V. REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; GÓMEZ-MACPHERSON, H.; GÓMEZ, J. A. A portable integrated rainfall and overland flow simulator. *Soil Use and Management*, 24(2), 163–170, 2008. DOI:10.1111/j.1475-2743.2008.00150.x.
- ARTUR, G.; OLIVEIRA, P.; COSTA, G.; ROMERO, E.; SILVA, C.; FERREIRA, O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(2), 141–149, 2014. DOI:10.1590/s1415-43662014000200003.
- CONFESSOR, J. G. Dinâmica hidrogeomorfológica de vertentes do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra – MG. Tese (Doutorado em Geografia), 231 f. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.70>.
- CONFESSOR, J. G.; CARVALHO, F.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento, calibração e validação de um simulador de chuvas aplicado a estudos hidrogeomorfológicos. *GEOGRAFIA (Londrina)*, 31(2), 233, 2022. DOI:10.5433/2447-1747.2022v31n2p233.
- CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 19(1), 2018. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1294>.
- CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Dinâmica hídrica do solo de fitofisionomia de campo limpo do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. *Caderno de Geografia*, v. 34 n. 76, 2024d. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2024v34n76p286>.
- CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Dinâmica hídrica do solo de fitofisionomia de Cerrado Ralo do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra (MG). *Mercator*, v23, 2024c. DOI <https://doi.org/10.4215/rm2024.e23006>.
- CONFESSOR, J. G.; SILVA; LIMA, N. A.; SANTOS, A. B. P. Dinâmica Hídrica do Solo de Zona Ripária do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra, Minas Gerais. *Sociedade e Natureza*, 2024e. DOI: 10.14393/SN-v36-2024-72336.
- CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. R. Infiltrômetro de anéis duplos semiautomático de carga pouco variável. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 69, n. 1, p. 69-84, 2024b. DOI: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2024_n1_69-84.

CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Simuladores de Chuvas: convergência entre parâmetros científicos e de uso na replicação da precipitação natural. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 1–26, 2024a. DOI: 10.35701/rcgs.v26.1001.

FAGUNDES, E.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. *Enciclopédia biosfera*, 8(14), 2012.

FLACH, C. W.; ALVES, E. A. C.; MEURER, M. Taxa de infiltração da água e resistência mecânica à penetração em solos submetidos a diferentes usos na região da serra de sudeste/RS. *Revista Caminhos de Geografia*, 21(73), 223-242, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG217348139>.

FONTANA, A. C.; SILVEIRA, H.; MARCATTO, F. S.; NÓBREGA, M. T. Caracterização e Comportamento Físico-Hídricos Do Sistema Pedológico Da Topossequência De Solos Dourados, Cambira, Pr, Brasil. *RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise*, 53, 182, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v53i0.79511>.

HOFFMANN, G. P.; FRANKE, A. E.; NANNI, A. S. Efeitos da modificação do uso e cobertura da terra no comportamento da recarga e descarga em uma porção do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral. *RA'EGA*, V.54, p. 81-101, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.75297>.

JARDIM, A. M. D. R. F.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; ALVES, H. K. M. N.; ARAÚJO, J. F. N.; SILVA, G. I. N.; DA SILVA, J. O. N. Dinâmica da água no solo com cultivo de palma forrageira sob quatro sistemas de plantio. *Agrometeoros*, v. 27, n. 2, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v27i2.26446>.

JUHÁSZ, C. E. P.; CURSI, P. R.; COOPER, M.; OLIVEIRA, T. C.; RODRIGUES, R. R. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 30(3), 401–412, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832006000300002>.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979.

KOCH, T.; CHIFFLARD, P.; ARTSMA, P.; PANTEN, K. A review of the characteristics of rainfall simulators in soil erosion research studies. *MethodsX*, 12(102506), 102506, 2024. DOI:10.1016/j.mex.2023.102506.

KOCH, T.; CHIFFLARD, P.; AARTSMA, P.; PANTEN, K. A review of the characteristics of rainfall simulators in soil erosion research studies. *MethodsX*, v. 12, n. 102506, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102506>.

KUSUMANDARI, A.; SATRIAGASA M. C.; HADI PURWANTO, R.; WIDAYANTI, W. T. Erosion Measurement by Using Rainfall Simulator at Grass Soil and after Harvested Soil in Wanagama. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 810, 2021. DOI:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/810/1/012053>.

LAZARUS, R. R.; WAN JAAFAR, W. Z.; ALENGARAM, U. J.; HIN, L. S. Overview of the research gaps in the rainfall simulator study. *Soil Science Society of America Journal*. Soil Science Society of America, 87(6), 1231–1248. 2023. DOI:10.1002/saj2.20590.

LE MAITRE, D. C.; MILTON, S. J.; JARMAIN, C.; COLVIN, C. A.; SAAYMAN, I.; VLOK, J. H. J. Linking ecosystem services and water resources: landscape-scale hydrology of the Little Karoo. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(5), 261–270, 2007. DOI: [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[261:lesawr\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[261:lesawr]2.0.co;2).

LORA, M.; CAMPORESE, M.; SALANDIN, P. Design and performance of a nozzle-type rainfall simulator for landslide triggering experiments. *CATENA*, v. 140, p. 77–89, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.018>.

LUK, S. HUNG; ABRAHAMS, A. D.; PARSONS, A. J. Methodology: a simple rainfall simulator and trickle system for

hydro-geomorphological experiments. Physical Geography, v 7, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1080/02723646.1986.10642303>.

MACEDO, P. M. S.; PINTO, M. F.; ALVES SOBRINHO, T.; SCHULTZ, N.; COUTINHO, T.; CARVALHO, D. A modified portable rainfall simulator for soil erosion assessment under different rainfall patterns. Journal of Hydrology, 596(126052), 126052, 2021. DOI:10.1016/j.jhydrol.2021.126052.

MAKLUR, N.; NARKHEDE, P. Study of laterite stone as building material. International Journal of Engineering Research, 7(special3), 223-226, 2018. DOI: 10.5958/2319-6890.2018.00063.6.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C.; SILVA, A.; CURI, N.; MARQUES, J. 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). Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 175-184, jun. 2009.

MHASKE, S. N.; PATHAK, K.; BASAK, A. A comprehensive design of rainfall simulator for the assessment of soil erosion in the laboratory. CATENA, 172, 408–420, 2019. DOI:10.1016/j.catena.2018.08.039.

NASCIMENTO, L. G. DO; SANTOS, M. E. S.; MELO, S. T.; BUZAR, R. J. C.; RESENDE, M. R.; SOUSA, M. M. A.; SOUSA, R. M. L.; ALVES, K. R. Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina - PI / Analysis of the speed of water infiltration in the soil by means of concentric rings in the east of the city of Teresina - PI. Brazilian Journal of Development, 6(3), 15168–15178, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-406>.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SOUSA, A. G.; SANTOS, F. F. C.; NERE, D. E. R. Infiltração de água nos solos cultivados com palma forrageira e pastagem no IFCE campus Crato. Acta Kariri Pesq. e Des., 2(1), 56-61, 2017.

OLIVEIRA, L.; caracterização dos latossolos da chapada de Araguari: minerais argilosos, granulometria e evolução. Caminhos de Geografia, 3(7)20-37, Fev/2003.

PINESE, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. Sociedade & Natureza 20, 157-175, 2008.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5p. 49–134.

ROCHETA, V. L. S.; ISIDORO, J. M. G. P.; LIMA, J. L. M. P. Infiltration of Portuguese cobblestone pavements – An exploratory assessment using a double-ring infiltrometer. Urban Water Journal, 14(3), 291–297, 2015. DOI:10.1080/1573062x.2015.1111914.

RODRIGUES, S. C.; AUGUSTIN, C.; NAZAR, T. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 24, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>.

SALEM, H. M.; MESELHY, A. A. A portable rainfall simulator to evaluate the factors affecting soil erosion in the northwestern coastal zone of Egypt. Nat Hazards 105, 2937–2955, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04432-8>.

SANTOS, H. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5 Brasília: EMBRAPA, 356 p. 2018.

SILVA, G. S. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO NETO, R. B. Dinâmica da água no solo e produtividade em consórcio de milho e Brachiaria ruziziensis. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 50, p. e59809, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/59809>. Acesso em: 24 jul. 2024.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.

VIDALETTI, V. F.; MARINS, A. C.; SECCO, D.; RIZZI, R. L.; CHANG, P. Impact of land cover, slope and precipitation on soil water infiltration. Research, Society and Development, v. 10, n. 17, p. e193101724562, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24562>.

WESTALL, F.; BRACK, A. The Importance of Water for Life. Space Science Reviews, v. 214, p. 1-23, 2018.
