



## Dinâmica Hídrica do Solo de Campo de Murundus do Parque Nacional da Serra da Canastra - MG<sup>1</sup>

Jefferson Gomes Confessor <sup>1</sup>, Lara Luíza Silva <sup>2</sup>; Diego Fernandes Terra Machado <sup>3</sup>; Idelvone Mendes Ferreira <sup>4</sup>; Francisco Sérgio Bernardes Ladeira <sup>5</sup>; Silvio Carlos Rodrigues <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Pós-Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Catalão – GO, Brasil. Email: [jgconfessor01@gmail.com](mailto:jgconfessor01@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia – MG, Brasil. Email: [laraluiza97@hotmail.com](mailto:laraluiza97@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – SP, Brasil. Email: [ftm.diego@yahoo.com.br](mailto:ftm.diego@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Professor Titular do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Catalão – GO, Brasil. Email: [idelvone\\_ferreira@ufcat.edu.br](mailto:idelvone_ferreira@ufcat.edu.br)

<sup>5</sup> Professor do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – SP, Brasil. Email: [ladeira@unicamp.br](mailto:ladeira@unicamp.br)

<sup>6</sup> Professor Titular do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia – MG, Brasil. Email: [silgel@ufu.br](mailto:silgel@ufu.br)

Artigo recebido em 29/05/2024 e aceito em 11/06/2024

### RESUMO

Cerrado apresenta ao longo de sua área de ocorrência diferentes fitofisionomias, destacando-se entre estas as áreas de Campos de Murundus. Devido a crescente substituição do Cerrado por atividades agropecuárias, torna-se necessário seu estudo para garantir a proteção de suas funcionalidades biogeográficas. Este estudo objetivou compreender as características físico-hídricas de uma área de Murundus inserida no Parque Nacional da Serra da Canastra, utilizando-se para tal um simulador de chuvas e um infiltrômetro de inundação, correlacionando os dados produzidos com as condições paisagísticas do ambiente. Os dados coletados revelaram que o Campo de Murundus apresentou alta capacidade de infiltração, exibindo altos valores de velocidade básica de infiltração-VIB (115,44mm/h), estando estes volumes intimamente ligados à presença atuante da pedofauna no solo, caracterizada principalmente pela ação das térmitas, as quais através de seus hábitos de vida imprimiram sobre os solos certas características, incrementando sua porosidade através da densa rede de tuneis escavados, selecionando materiais e estratificando camadas de alta porosidade próximas a superfície. A alta incorporação de água na área estudada indica que os Campos de Murundus se comportam como grandes áreas de captação de água das chuvas, consolidando-os como áreas estratégicas de proteção, visto sua importância ecológica e de segurança hídrica.

Palavras-chave: Covaais; Infiltração; Cerrado; Simulador de chuvas.

## Soil Water Dynamics of Campo de Murundus in Serra da Canastra National Park - MG

### ABSTRACT

The Cerrado presents different phytophysionomies throughout its occurrence area, with the Murundus Fields standing out among them. Due to their increasing replacement by agricultural and livestock activities, it becomes necessary to study these areas to ensure the protection of their biogeographical functionalities. This study aimed to understand the physical-hydraulic characteristics of a Murundus area within the Serra da Canastra National Park, using a rain simulator and a flooding infiltrometer, and correlating the data obtained with the environmental landscape conditions. The collected data revealed that the Murundus Field has a high infiltration capacity, exhibiting high values of basic infiltration velocity (115.44 mm/h). These volumes are closely linked to the active presence of soil pedofauna, mainly characterized by termite activity. Through their lifestyle habits, termites imprint characteristics on the soil, increasing its porosity through a dense network of excavated tunnels, selecting materials, and stratifying layers of high porosity near the surface. The high water incorporation in the studied area indicates that the Murundus Fields act as large rainwater harvesting areas, consolidating them as strategic protection zones due to their ecological importance and water security significance.

Keywords: Earthmounds; Infiltration; Brazilian savanna; Rainfall simulator.

<sup>1</sup> Artigo extraído da tese de doutorado do primeiro autor.

## Introdução

O território brasileiro abriga algumas das principais paisagens e ecossistemas do mundo tropical e subtropical (Ferreira & Mendes, 2023). Essa diversidade paisagística é uma herança da interação entre processos fisiográficos e bioclimáticos antigos, transformados pela ação de fenômenos naturais ao longo do tempo, que se sucederam até períodos mais recentes.

Neste contexto, o Cerrado caracteriza-se como segundo maior bioma brasileiro (Melo, 2019), exibindo ao longo de sua extensão um mosaico variado de fitofisionomias, cada qual expondo aspectos intrínsecos às suas condições ambientais biogeográficas singulares, sejam quanto aos aspectos geológicos, de solos, do relevo e do clima, além dos processos influenciados pela atividade dos organismos vivos (Santos et al., 2020).

As formações vegetais características dos Cerrados recobrem, em sua maior parte, o Planalto Central Brasileiro, compreendendo assim, a uma extensa área composta por uma das mais diversificadas paisagens e biodiversidades da Terra (Nunes e Castro, 2021), atualmente é considerada área estratégica para segurança hídrica, visto que concentra nascentes das principais bacias hidrográficas do país, como as bacias de diversos rios da Bacia Amazonas, Araguaia-Tocantins, São Francisco e Paraná-Prata, entre outras menores, mas não menos importantes.

Entretanto, por apresentar grande potencial agrícola, seja na produção de grãos, carne, fibras e, mais recentemente, de energia (biocombustíveis) atualmente o Cerrado encontra-se intensamente modificado por atividades antrópicas (Assis et al., 2014; Norton e Radic, 2021), as quais vêm substituindo a cobertura vegetal original de modo a descaracterizar seus aspectos biogeográficos naturais.

As áreas preferenciais para o desenvolvimento destas atividades situam-se principalmente sobre solos bem estruturados com boas capacidades agrícolas, como os Latossolos (Andrade et al., 2020). No entanto, devido à expansão da agricultura e à intensa pressão do setor agropecuário, foram incluídas no atual sistema de produção agrícola áreas com solos menos

adequados, como os solos hidromórficos e concrecionários (Assis et al., 2014).

Dentre as áreas sujeitas a alagamentos sazonais, destacam-se os Campos de Murundus, exibindo características vegetais e geomorfológicas próprias (Santos & Confessor, 2020). Esta fitofisionomia apresenta microrelevo característico, manifestado na forma de montículos de terra circulares ou elípticos, com dimensões que variam de 0,1 m a 20 m de diâmetro e 0,2 m a 3 m de altura (Villela & Nascimento, 2022). Esses montículos distribuem-se ao longo de áreas inundáveis de encosta de planaltos e serras (Guilherme et al., 2022).

Os Campos de Murunduns desempenham importante papel na segurança hídrica, uma vez que a captação de água das chuvas e as flutuações sazonais do lençol freático nessas regiões asseguram o fornecimento de água aos corpos hídricos, se comportando como áreas de recarga e de nascentes (Gomes & Magalhães, 2020; Gondim e França, 2023).

Devido a sua supressão por atividades humanas, aliado à sua importância ecológica e hídrica, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que visam entender as formas de funcionamento destes sistemas, de maneira a considerar os atributos e processos paisagísticos que os compõem e os dinamizam.

Neste sentido, o Parque Nacional da Serra da Canastra (MG) consolida-se como unidade de conservação integral, exibindo ao longo de sua extensão feições topográficas mais elevadas em relação a áreas de seu entorno (Rodrigues et al., 2023). Abriga fitofisionomias características do Cerrado, que desempenham um papel crucial na formação e preservação das nascentes de grandes bacias hidrográficas brasileiras, como as dos rios Paraná e São Francisco (Silva, 2020).

Visto sua importância, este trabalho objetiva compreender as características físico hídricas de uma área de murundus presente no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), buscando através da caracterização de seus atributos paisagísticos e da utilização de equipamentos de campo (Simulador de Chuvas e Infiltrômetro de Anéis), visa apresentar dados referentes aos processos ocorrentes nestes sistemas, de maneira a auxiliar no entendimento

quanto ao comportamento desta fitofisionomia, exibindo dados que permitam o embasamento técnico de medidas voltadas à sua proteção.

## **Materiais e métodos**

### *Área de Estudo*

Visando o entendimento da dinâmica paisagística regional, tomou-se como referência estudo prévio conduzido na região do Chapadão do Diamante, localizado na Serra da Canastra, em Minas Gerais por Nazar e Rodrigues (2019a), que categorizou a área em diferentes geocoberturas, as quais foram subdivididas com base nas características geoambientais dos materiais, topografia e dados aerogamaespectrométricos. Entende-se por geocobertura aqueles materiais originados por processos físicos ou químicos, abrangendo desde materiais friáveis até consolidados (Nazar & Rodrigues, 2019ab). Entre as geocoberturas elencadas, destaca-se a designada como Materiais de bioturbação ferruginosos ou com concreções ferruginosas (com presença de murundus), a qual abrange uma área que corresponde a 8,87% de toda a extensão do Chapadão do Diamante (Serra da Canastra).

### *Caracterização do Solo e Avaliação da Cobertura Vegetal*

Neste estudo, procuramos estabelecer uma correlação entre a geocobertura e o tipo de solo, seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). Uma trincheira com dimensões aproximadas de 1,5 x 2,0 m foi escavada para caracterização morfológica e coleta de amostras para cada horizonte identificado, seguindo os procedimentos descritos por Santos et al. (2015).

Amostras indeformadas foram coletadas para análise micromorfológica nas profundidades entre 10-22 cm (transição entre horizontes A/Ec), 42-54 cm (horizonte Bt1) e 76-88 cm (horizonte Bt2). Os procedimentos de coleta e preparo foram realizados de acordo com Castro & Cooper (2019). As lâminas (2,5 x 4,5 cm) utilizadas neste trabalho foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências (USP). As observações foram feitas com auxílio de lupa binocular e de microscópio ótico polarizante binocular (tipo petrográfico) Leica DM EP. Os procedimentos de descrição e terminologia

empregada foram aqueles presentes em Castro & Cooper (2019) e Stoops (2021).

Para além da classificação do solo, foram coletadas amostras em quatro pontos aleatórios na área experimental, incluindo amostras indeformadas da superfície (0-5 centímetros) e deformadas na subsuperfície, com intervalos regulares de 10 centímetros até uma profundidade de 50 centímetros. Essas amostras foram destinadas às análises de densidade (total, aparente e porosidade) e granulométrica, respectivamente. O processo de coleta, preparo e determinações seguiu os procedimentos descritos no Manual de Métodos e Análise de Solos (Teixeira et al., 2017).

A avaliação da cobertura vegetal foi conduzida através da classificação supervisionada de imagens, seguindo a metodologia de Pinese Júnior, Cruz e Rodrigues (2008). Para isso, utilizando uma câmera fotográfica, foram obtidas imagens da superfície a cerca de um metro de altura em relação ao solo, momentos antes da simulação de chuva. Posteriormente, essas imagens foram processadas no software ENVI 4.2 para destacar a área coberta pela vegetação em contraste com o solo exposto.

### *Simulação de Chuvas e Teste de Infiltração*

Com o objetivo de aprimorar a compreensão das características físico hídricas da área, conduziram-se experimentos de campo em uma das regiões com murundus. Utilizou-se de dois modelos de infiltrômetros: um Simulador de Chuvas e um Infiltrômetro de Anéis Concêntricos (Figura 1). Os ensaios foram realizados durante o período de estiagem na região, visando evitar interferências de volumes de precipitações naturais nas áreas experimentais.

O Simulador de Chuvas utilizado foi construído e calibrado para replicar chuvas de alta intensidade semelhantes às registradas na região (Confessor, 2023, Confessor et al., 2024a). Para tal, foram utilizados dados de precipitação captados por um período de 46 anos pela Estação Climatológica Vargem Bonita (2046013), localizada nas proximidades do Parque Nacional da Serra da Canastra, sendo estabelecido através de sua análise uma intensidade a ser replicada 57,4 mm/h.

O equipamento reproduziu chuvas ininterruptas de 60 minutos de duração em três locais escolhidos aleatoriamente ao longo da área

de estudo. Uma parcela de erosão com dimensões de 70 x 100 centímetros foi utilizada para delimitar a área de coleta de dados. Durante os ensaios, os

volumes escoados superficialmente foram coletados a cada 5 minutos, totalizando 12 amostras por ensaio.

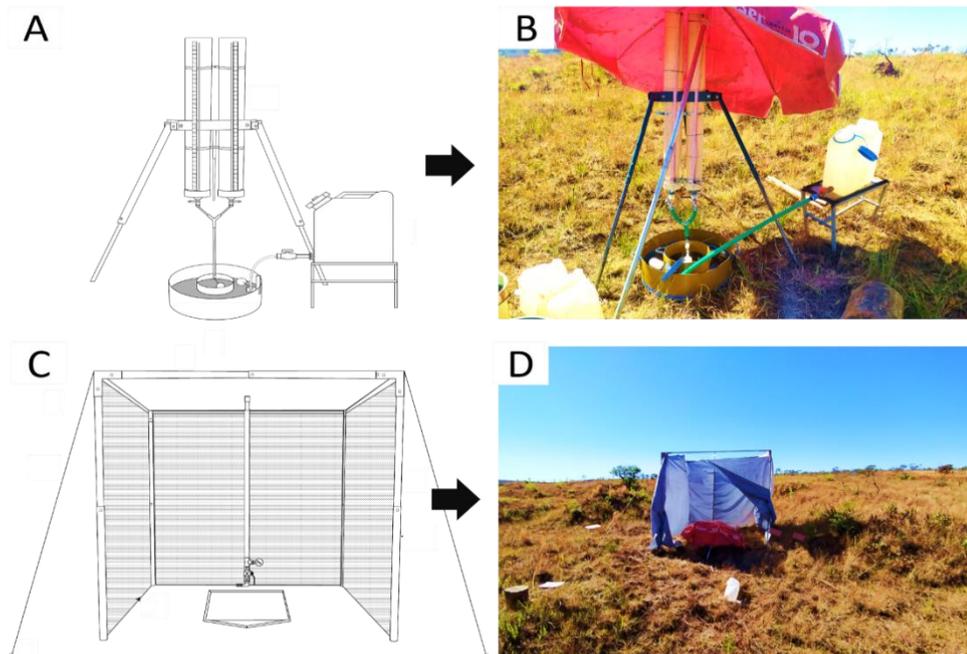


Figura 1- Infiltrômetros utilizados na pesquisa em campo: Infiltrômetro de Anéis Concêntricos semiautomático de carga pouco variável (A e B); Infiltrômetro de Aspersão (Simulador de Chuvas) e proteção contra o vento (C e D).

Para determinar a capacidade máxima de infiltração do solo, utilizou-se de um Infiltrômetro de Anéis Concêntricos Semiautomático com Carga Pouco Variável (Figura 1A) (Confessor, 2023). Os anéis duplos (diâmetro do anel interno de 25 cm e externo de 50 cm) foram inseridos na superfície do solo até uma profundidade de 15 cm. O equipamento estabeleceu uma coluna d'água de 5 centímetros sobre a superfície do solo (Fagundes et al., 2012) por um período de 3 horas. Os valores de infiltração foram registrados a cada parcial de 10 minutos, totalizando 18 amostragens. Três ensaios envolvendo o equipamento foram realizados aleatoriamente na área de estudo.

A investigação da perda de água do solo por evaporação envolveu a coleta de três amostras indeformadas de solo a uma profundidade de 0 a 5 centímetros, utilizando anéis volumétricos de 100 cm<sup>3</sup> (Confessor, 2023). As amostras foram submersas em água por 2 horas, sendo removidas do recipiente para drenagem para posterior pesagem após 1 hora. A partir desse ponto, as amostras foram pesadas a cada intervalo de 24 horas ao longo de um período de seis dias. A perda

de água foi monitorada pela variação de peso entre a amostra inicial e as subsequentes.

## Resultados e discussões

A vertente que abriga o campo de murundus em estudo possui aproximadamente 1 quilômetro de extensão, com uma diferença altimétrica de aproximadamente 80 metros (Figura 2). Esta área revela ao longo de sua extensão variações topográficas, de tipos de organismos (incluindo vegetação e fauna) e de tipos de solos/geocoberturas, sendo identificados sete diferentes geocoberturas (Nazar & Rodrigues, 2019a).

O local apresenta feições de microrelevo em formas de pequenas elevações, características de campos de murundus (Pereira et al., 2019; Guilherme et al., 2022), com a ampla presença de morrotes ovalados, com diâmetro e altura média de 3,5 e 1,2 metros respectivamente. Os morrotes espaçam entre si por uma distância média de 3 metros, sem a coalescência de montículos.

A área onde se encontram os murundus está localizada no terço superior da encosta. Estende-se por uma região que marca a transição de um terreno menos inclinado (com declive inferior a 4,5%) e solos mais espessos nas partes mais altas da encosta (Latosolos, com espessura

superior a 1,8 metros), para uma área mais íngreme com solos menos profundos na porção inferior (Neossolos Regolíticos, com espessuras inferiores a 90 centímetros), apresentando uma inclinação média de 8%.

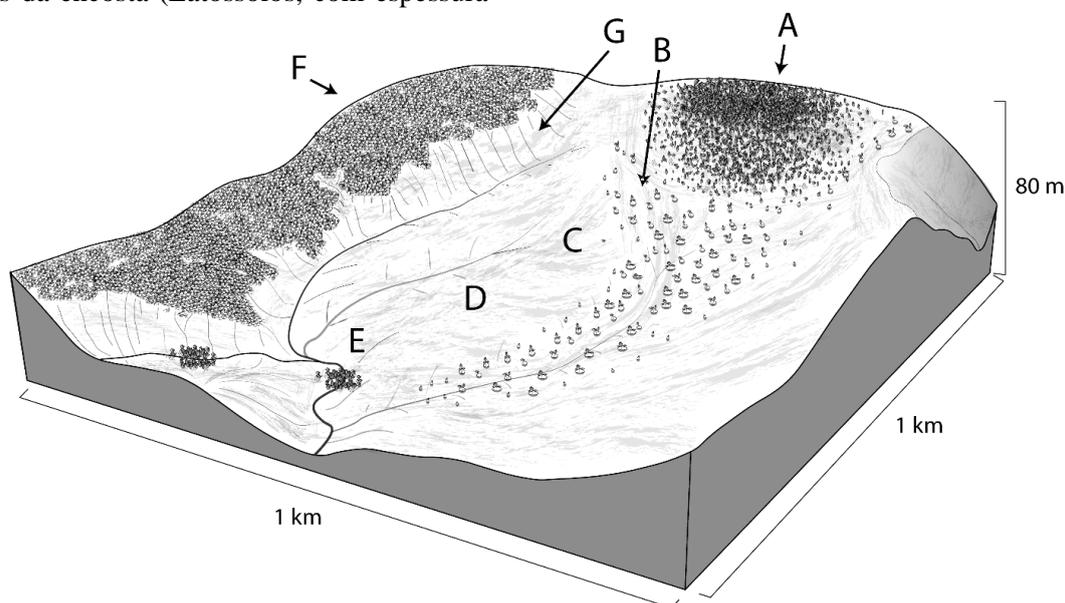


Figura 2- Croqui da vertente de estudos inserida no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra: Espacialidade dos pontos de investigação. (A) Materiais areno-argilo-ferruginosos ou com concreções ferruginosas; (B) Materiais de bioturbação ferruginosos ou com concreções ferruginosas (murundus); (C) Materiais cascalho-arenosos com camada orgânica; (D) Materiais cascalho-arenosos indiferenciados; (E) Materiais orgânicos (turfeiras) associados a fundos de vale e áreas úmidas; (F) Afloramentos rochosos; (G) Materiais cascalho arenosos com caos de blocos.

#### Características da cobertura pedológica

O solo presente entre os morrotes foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico petroplintico. Sua estrutura é forte granular pequena, predominando cores bruno amareladas (10YR 4/6) até ~32 cm de profundidade (horizontes A e Ec) dando lugar a estrutura forte grande blocos subangulares e prismáticas, caracterizando os horizontes Bt, de coloração vermelho (10R 4/8). O solo é

cascalhento até 30 cm, apresenta textura argilosa a muito argilosa, com teor médio de argila de 450 g kg<sup>-1</sup>. Entre os horizontes Ec e Bt, ocorre um aumento significativo no teor de argila, ultrapassando 200 g kg<sup>-1</sup>, indicando uma mudança textural abrupta entre esses horizontes (300 g kg<sup>-1</sup> e 650 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente). A Figura 3 apresenta alguns dos principais aspectos morfológicos do perfil.

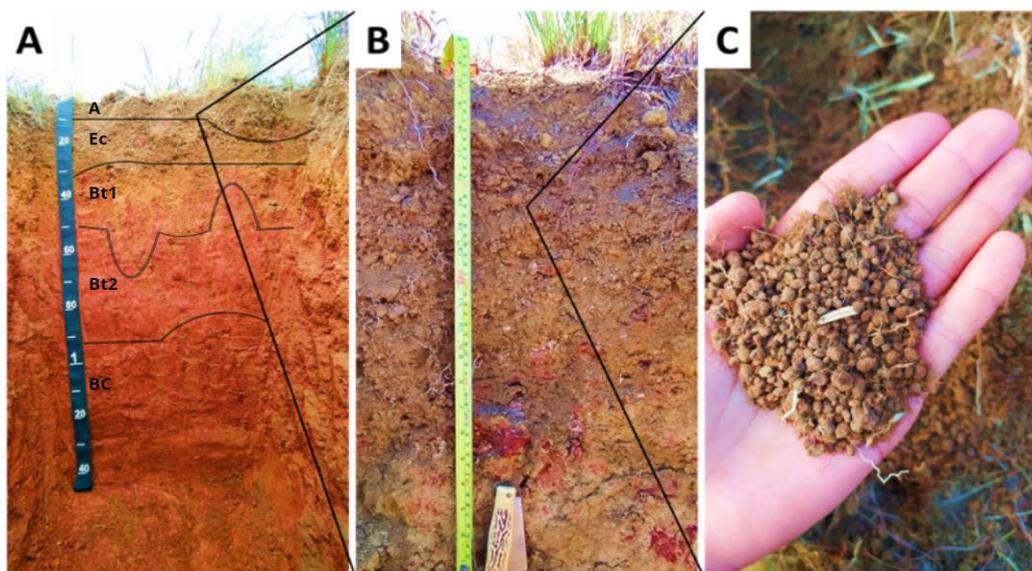


Figura 3 - Características do solo entre Murundus na Serra da Canastra (MG): em (A) disposição de Horizontes do Perfil do Solo; em (B) camada superficial composta por cascalhos lateríticos; e em (C) cascalhos lateríticos arredondados/peletizados.

A análise granulométrica realizada em amostras coletadas ao acaso indica que a fração mineral do solo é composta por material de granulometria variável, categorizado como desuniforme e mal graduado de acordo com os coeficientes de uniformidade e curvatura em todas as profundidades analisadas (Figura 4). As curvas granulométricas evidenciam ampla heterogeneidade em sua composição. Nas camadas superficiais (0-30 cm), a matriz é predominantemente composta por cascalhos lateríticos, que diminuem em quantidade conforme aumento da profundidade. Por sua vez, a fração terra fina (inferior a 2 mm) é predominantemente constituída de argila.

Em concordância com as características morfológicas, a análise da densidade do solo em sua camada mais superficial indicou valores baixos, com uma densidade de 0,91 g/cm<sup>3</sup>, enquanto a densidade de partículas foi de 2,31 g/cm<sup>3</sup>. Esses resultados permitem inferir sobre a porosidade do solo, que apresentou valores elevados, atingindo 61%. Essas características são prevalentes até ~30 cm de profundidade, algo também observado nas análises micromorfológicas.

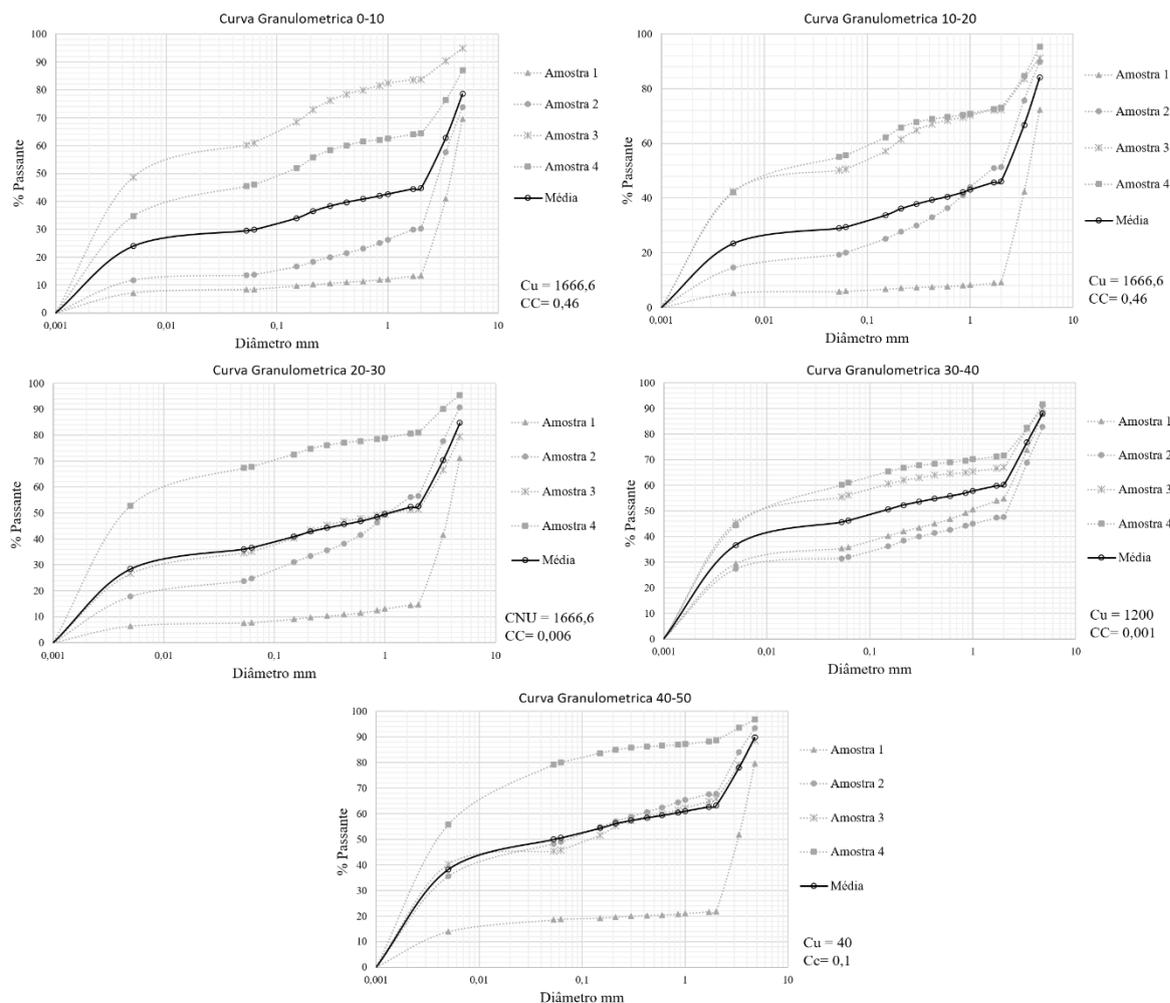


Figura 4 - Distribuição da matriz granulométrica do solo. Curvas Granulométricas de 0 a 50 centímetros de profundidade. \*Cu-Coeficiente de Uniformidade; \*Cc-Coeficiente de Curvatura.

O quadro 1 apresenta uma síntese das características micromorfológicas do perfil. A Figura 5 apresenta fotomicrografias representativas dessas principais características. A transição entre os horizontes A/Ec apresenta microestrutura granular bem desenvolvida, com agregados, em geral, menores do que 250  $\mu\text{m}$ , separados por poros de empilhamento complexos, e canais com cerca de 400  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Entre os agregados há grãos de quartzo e nódulos de ferro, compondo um padrão de distribuição relativa enaulica. Marcas de raízes com diferentes estágios de degradação são comuns. As principais feições pedológicas são nódulos de ferro típico, maiores do que 1000  $\mu\text{m}$  e preenchimentos incompletos do tipo marca de passagem, associado à atividade de pedofauna.

Por sua vez, os horizontes Bt1 e Bt2 apresentam microestrutura em blocos moderadamente a fracamente separados, parcialmente acomodados e subordinadamente, microagregados granulares com moderado abaixo grau de separação. Em ambos os horizontes, predominam poros planares com diâmetro entre 80 e <20  $\mu\text{m}$  (esses últimos são poros fissurais intra-agregados), angulares, parcialmente acomodados. Há uma redução significativa da porosidade de origem biológica, de modo que os canais que ocorrem, tendem a estarem preenchidos. A distribuição relativa é predominantemente porfírica, com algumas zonas pórfiro-enáulicas. Nódulos de ferro ainda ocorrem, mas de modo bem mais restrito e não há evidências de material orgânico.

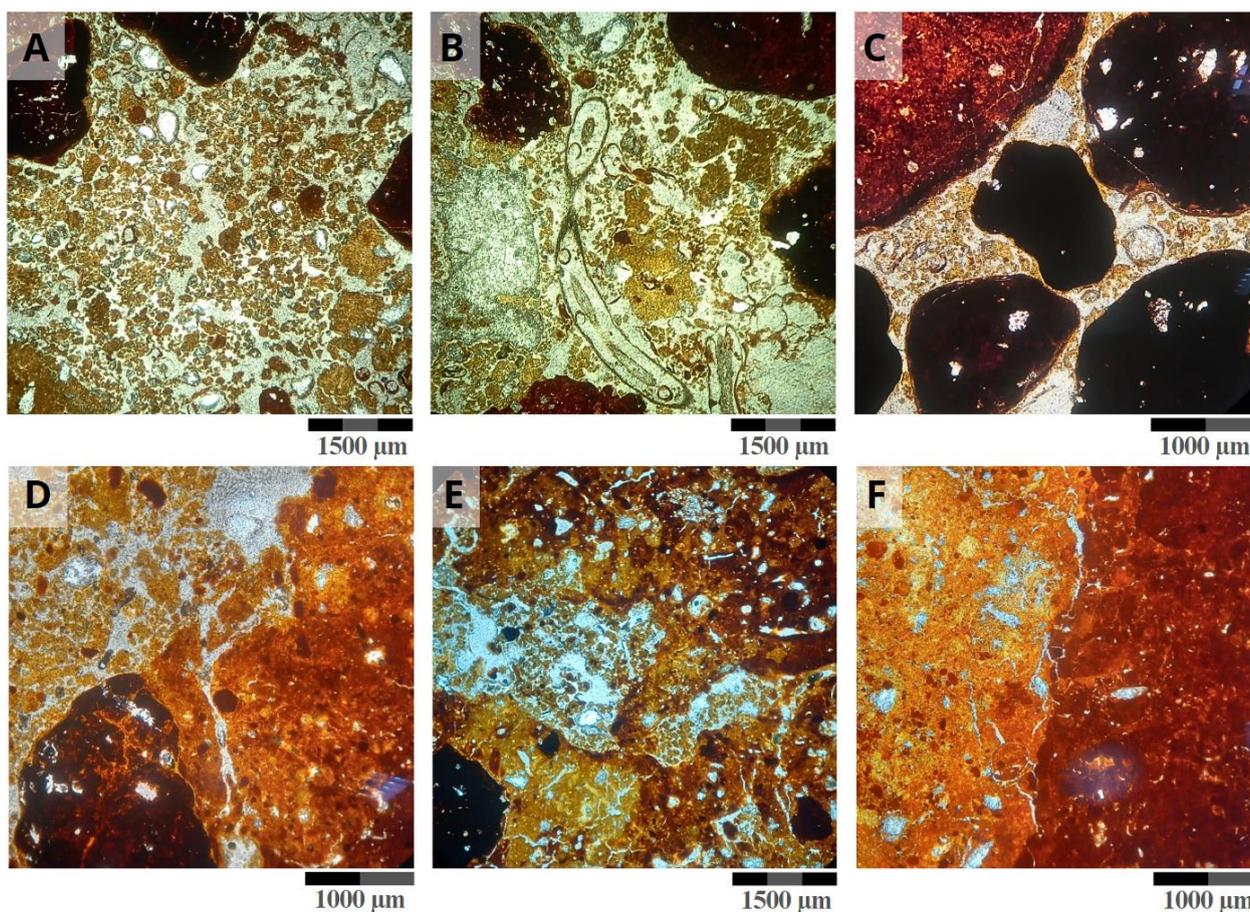


Figura 5- Fotomicrografias dos horizontes A-Ec, Bt1 e Bt2 do perfil de Argissolo Vermelho, obtidas com microscópio petrográfico com luz polarizada e nicóis paralelos. Na transição entre os horizontes A/Ec há predomínio de uma rede de poros complexa, com grande volume de meso e macroporos que segregam microagregados (A). Marcas de raízes evidenciam a atuação biológica na formação de canais (B). A textura do solo, cascalhenta, rica em nódulos de ferro típicos, permite um arranjo que facilita a infiltração de água no solo (C); nos horizontes subsuperficiais (Bt1 e Bt2) há uma mudança no volume de poros, predominando zonas porfíricas abertas, com redução significativa do volume de macroporos (D e F), embora ainda ocorram zonas pórfiro-anáulicas (D) e cavidades, geralmente preenchidas por *palets* de térmitas (E). Grande parte da porosidade é constituída por poros fissurais <math>< 50 \mu\text{m}</math> (F).

**Quadro 1** - Síntese das características micromorfológicas do perfil do solo em ambiente de murundus.

Hor.	Prof. cm	Microestrutura	Material Grosso	Micromassa	Relação g/f $_{2\mu\text{m}}$	Material orgânico	Pedofeições
A/Ec	10-22	Bem a moderadamente desenvolvida, microgranular, com <i>peds</i> entre 150-200 $\mu\text{m}$ . Poros de	Quartzo mal selecionado, entre >2000 $\mu\text{m}$ a <50 $\mu\text{m}$ , predominando	Amarelo, com porções vermelhas e bruno-avermelhadas; indiferenciada	Enaulica	Traços de raízes	Nódulos de ferro típicos; preenchimento denso incompleto do tipo feição de passagem

		empilhamento complexos com diâmetro entre 50 e 150 µm e canais >100 µm	aqueles entre 100-200 µm				
Bt1	42-54	Blocos subangulares moderadamente separados, parcialmente acomodados e granular com baixo grau de separação. Poros planares com diâmetro entre 80 e <20 µm e Poros do tipo empacotamento complexo entre 20 e 400 µm, não acomodados;	Quartzo com dimensões entre 200 – 300 µm com diferentes graus de esfericidade; e entre 10-40 µm subangulares	M1: argila vermelha, indiferenciada; M2: argila vermelho-amarela, indiferenciada; M3: argila amarela, b-fábrica pontilhada, entremeada por volumes vermelhos e vermelho-amarelo.	M1 e M2 porfírica aberta e M3: pórfiro-enaulica	Não encontrado	Nódulo típico de ferro; Preenchimento solo descontínuo de argila
Bt2	76-88	Blocos subangulares, fraca a moderadamente desenvolvidas, parcialmente acomodados; Poros do tipo planares com diâmetro entre 20 e 70 µm	Quartzo, entre 50–1000µm com diferentes graus de esfericidade; fortemente alterados cujas fissuras estão comumente preenchidas por óxidos de ferro	M1: argila vermelha, b-fábrica estriada e granoestriada; M2: argila amarela, b-fábrica manchada pontilhada, granoestriada e estriada aleatória.	M1 e M2 porfírica aberta	Não encontrado	Preenchimento denso contínuo, argila manchada, material semelhante ao fundo matricial; Hiporevestimento associados a poros planares

### *Cobertura do solo*

O tipo de vegetação no local do experimento é semelhante entre as diferentes geocoberturas que ocorrem em seu entorno, todavia, localmente apresenta um caráter seletivo na distribuição das espécies. Gramíneas dispersam-se por todo local, recobrando toda a extensão do

campo de murundus, diferente disto, plantas lenhosas caracterizadas por herbáceas, arbustos e pequenas arvores distribuem-se de forma pontual apenas sobre as elevações, ocupando principalmente áreas do terço médio e superior do microrelevo (Figura 6).

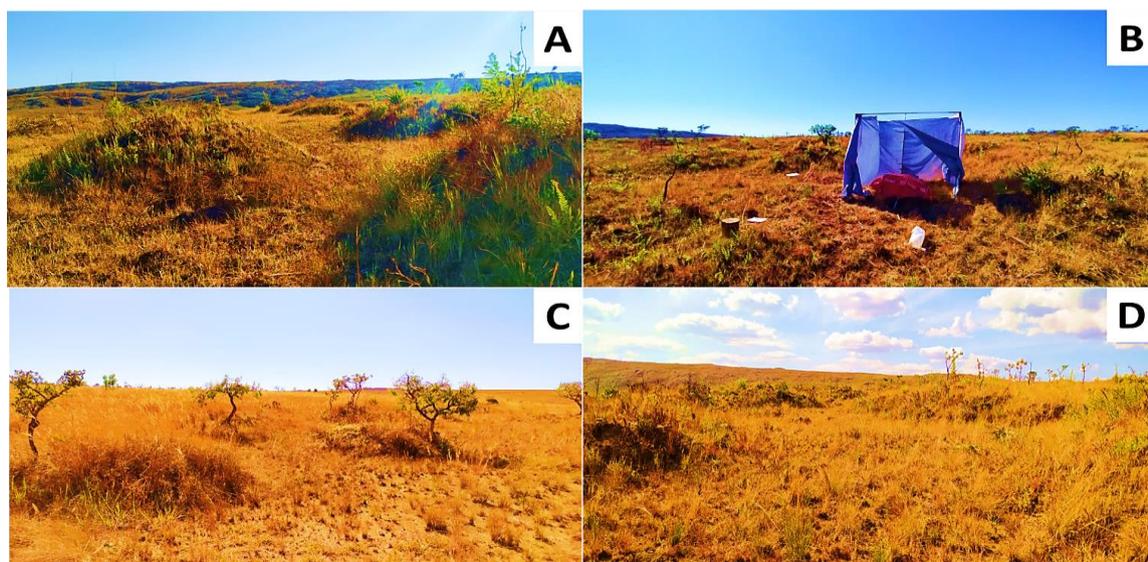


Figura 6- Características do Campo de Murundus na Serra da Canastra (MG): em (A) formas de relevo ovalados; em (B) local de experimentos; em (C e D) vegetação característica de fitofisionomia do Cerrado, com a presença de plantas lenhosas sobre os morrotes e gramíneas espalhadas sobre os murundus e entorno.

No momento da execução dos ensaios, apenas plantas herbáceas e arbustivas exibiram folhas verdes, contrastando com a vegetação predominante de gramíneas, as quais apresentaram-se com estruturas foliares e de sustentação secas. Isso se deve ao fato de que os ensaios foram realizados durante o período de estiagem na região, de modo que a escassez de

chuvas exerceu influência nas características da vegetação. A baixa cobertura do solo (34,37%) pode ser atribuída à dispersão das gramíneas, que exibiram um crescimento pouco adensado, na forma de touceiras ressecadas, resultando em um arranjo vegetativo de baixo vigor. (Figura 7).

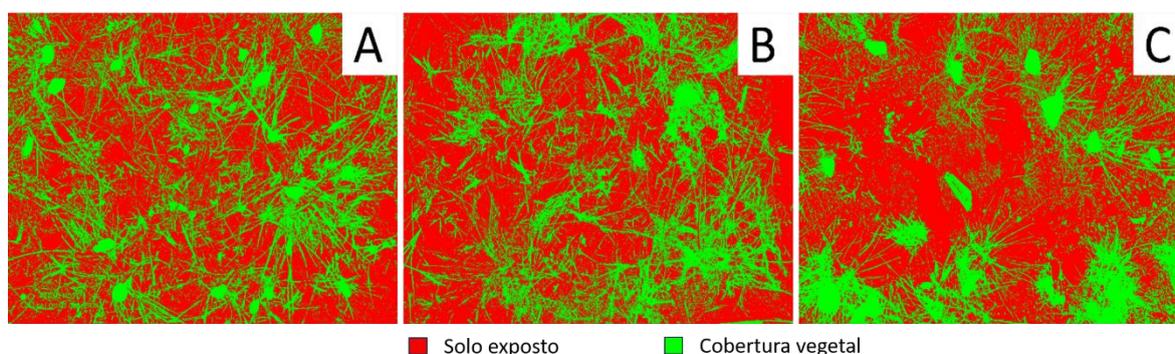


Figura 7- Relação cobertura vegetal e solo exposto em áreas de experimentos. A- 65,16 % de solo exposto; B- 65,22 % de solo exposto; C- 66,50% de solo exposto. A coloração verde indica a superfície recoberta pela vegetação e a vermelha, o solo exposto.

#### *Infiltração de Água no Solo*

Os dados obtidos pelo infiltrômetro de anéis revelaram um pico inicial na velocidade de infiltração de 767,3 mm/h (Figura 8),

estabilizando-se a partir de 110 min de testes, passando a exibir velocidade de infiltração básica (VIB) de 115,44 mm/h. Traçando parâmetros para velocidades de infiltração Andrade e Andrade

(2021) consideram que uma VIB acima de 30 mm/h se classifica como muito alta, apresentando o solo local valores 6,64 vezes maiores. Comparando com estudos semelhantes realizados na própria Serra da Canastra, com mesmo equipamento e parâmetros, porém em classes de solos diferentes (Neossolo Regolítico – VIB 22,15 mm/h; Gleissolo Melânico – VIB 50,74 mm/h; Latossolo Vermelho-Amarelo 626,56 mm/h), nota-se que os solos da área de estudos exibem elevados valores de VIB (Confessor et al., 2024b; Confessor et al., 2024c; Confessor et al., 2024d), indicando que as condições ambientais locais favorecem ao movimento de infiltração.

A variação dos valores de velocidade de infiltração entre o início e o fim dos experimentos foi de 84,98%, revelando que o ambiente apresenta

alta capacidade de infiltração de água no solo. Entretanto, a expressiva redução nos valores indica que, quando este ambiente é exposto por longos períodos à presença de uma lâmina de água constante, sua capacidade de infiltração diminui significativamente, apresentando uma correlação entre os valores produzidos de  $R^2$  0,85.

Os experimentos envolvendo o simulador de chuvas revelaram constância nos valores de escoamento ( $R^2 = 1$ ), visto que, mesmo quando exposto a precipitações de alta intensidade, não foram observados pontos de empoçamento na superfície, assim como não houve escoamento superficial. Isso indica um rápido movimento descendente de água no perfil de solo.

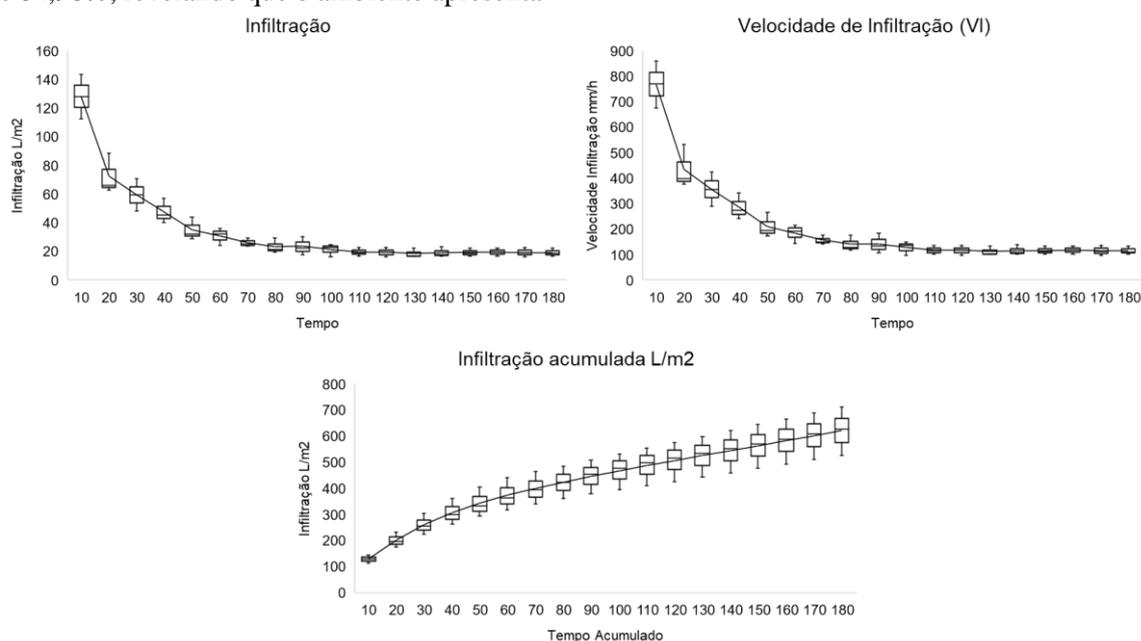


Figura 8 – Resultados obtidos com o ensaio de infiltração utilizando Infiltrômetro de Inundação, Serra da Canastra (MG).

O tempo de utilização do simulador de chuvas utilizado não foi capaz de aplicar sobre a superfície a quantidade de água necessária para saturar o solo, o que impediu a determinação da intensidade mínima capaz de gerar escoamento superficial na área de estudo. Todavia, é importante destacar que o solo do local apresentou uma velocidade básica de infiltração muito superior aos valores de referência, exigindo volumes de água que excedem a maioria das precipitações reais, mesmo aquelas de grande intensidade.

Após a saturação, o solo do local apresentou retenção de água de  $0,81 \text{ ml/cm}^3$ , com perdas por evaporação ocorrendo de forma constante ao longo do tempo ( $R^2 = 0,97$ ). No período de seis dias, o volume total evaporado foi de  $0,43 \text{ ml/cm}^3$ , correspondendo a 53,1 % de toda água retida no solo (Figura 9).

As maiores perdas foram encontradas nas primeiras 96 horas, sendo constatado para este intervalo 82,7 % do volume total evaporado. Deste modo, o solo apresentou uma capacidade de retenção de água (CRA) de  $0,38 \text{ ml/cm}^3$  ao final de

seis dias, ou seja, 46,9% de sua capacidade total de armazenamento.

Os valores obtidos sugerem que, uma vez saturado, o solo não recupera rapidamente sua capacidade de drenagem. Isso pode comprometer o potencial de infiltração da água de chuvas subsequentes, já que o volume de poros necessários

para absorver novos volumes de água ainda estão ocupados pelo excesso de água das precipitações anteriores. Entretanto, ressalta-se que a camada onde as amostras foram extraídas compreenderam a camada mais superficial do solo, não atingindo por completo a camada de cascalhos, podendo esta exibir valores que divergem dos encontrados.

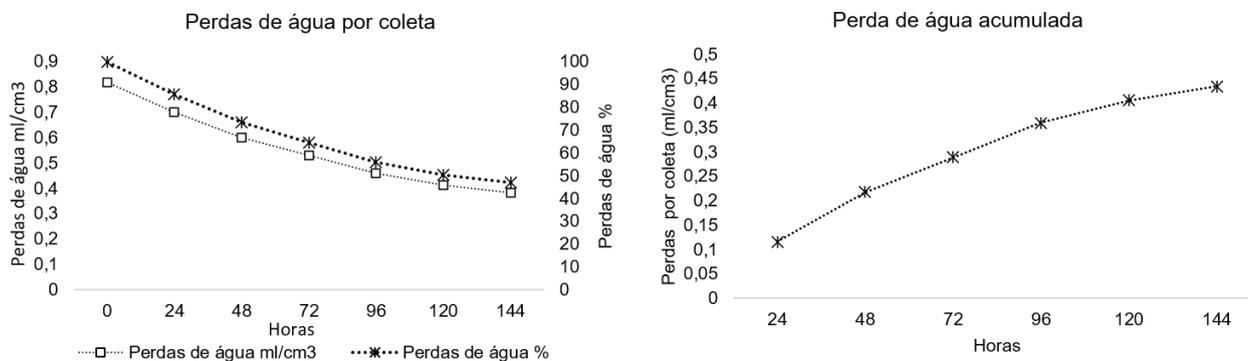


Figura 9 - Perdas de água por evaporação ao longo de 6 dias, Serra da Canastra (MG).

De forma geral, a área exibiu alta capacidade de absorção de água, sendo resultante do somatório das condições ambientais do local. Mesmo apresentando vegetação pouco densa, composta predominantemente por gramíneas. As plantas auxiliaram na proteção da superfície do solo frente a ação dos impactos das gotas, se comportando como barreiras físicas, diminuindo sua cinética e auxiliando na infiltração da água ao solo.

Até 30 centímetros de profundidade, há presença de raízes milimétricas que desempenham um papel na melhoria da estrutura do solo. Essas raízes também promovem a formação de bioporos, que são resultantes dos processos de crescimento e senescência das raízes. Esse fenômeno contribui para a aeração e a estruturação do solo (Helliwell et al., 2019; Bertollo & Levien, 2019; Dick & Schumacher, 2019).

Outro aspecto favorável à rápida infiltração de água no solo é o arranjo das frações minerais. O solo é cascalhento entre 5 e 30 centímetros de profundidade. Fragmentos detritolateríticos arredondados com diâmetros que variaram de 0,5 a 2 centímetros compõem grande parte da matriz do solo nesta faixa de profundidade (até 55,3 %). A associação desses materiais grossos com a presença de microagregados resulta na

formação de poros de empilhamento complexos, facilitando à infiltração de água.

A presença e o volume de macroporos são fatores-chave que influenciam diretamente na eficácia da infiltração de água no solo (Jarvis, 2020; Tao et al., 2020). O grande volume de (macro e meso) poros observados nos horizontes mais superficiais contrasta com o aspecto adensado daqueles a partir de 30 cm de profundidade. Grande parte dos resíduos vegetais encontram-se na porção mais superficial do solo, visto a redução do percentual de carbono orgânico de ~2,1% para ~0,4%. A maior disponibilidade de resíduos resulta em maior atividade biológica, de modo que a fauna do solo se torna importante agente na formação de poros (Reinert et al., 2008).

#### Atividade dos Cupins

A fauna do solo, principalmente as térmitas (Figura 10A), desempenha um papel significativo, com uma presença abundante dos animais e de suas vias subterrâneas de trânsito, resultando em uma alta densidade de bioporos. Lin et al. (2023) destacam a contribuição destes animais para a formação de microagregados nos solos. Vários canais, com diâmetros variando de 2 a 110 milímetros, foram observados no perfil do solo (Figura 10B), principalmente nas camadas superficiais (0-30 cm), e de forma esporádica em camadas mais profundas (>30 cm).

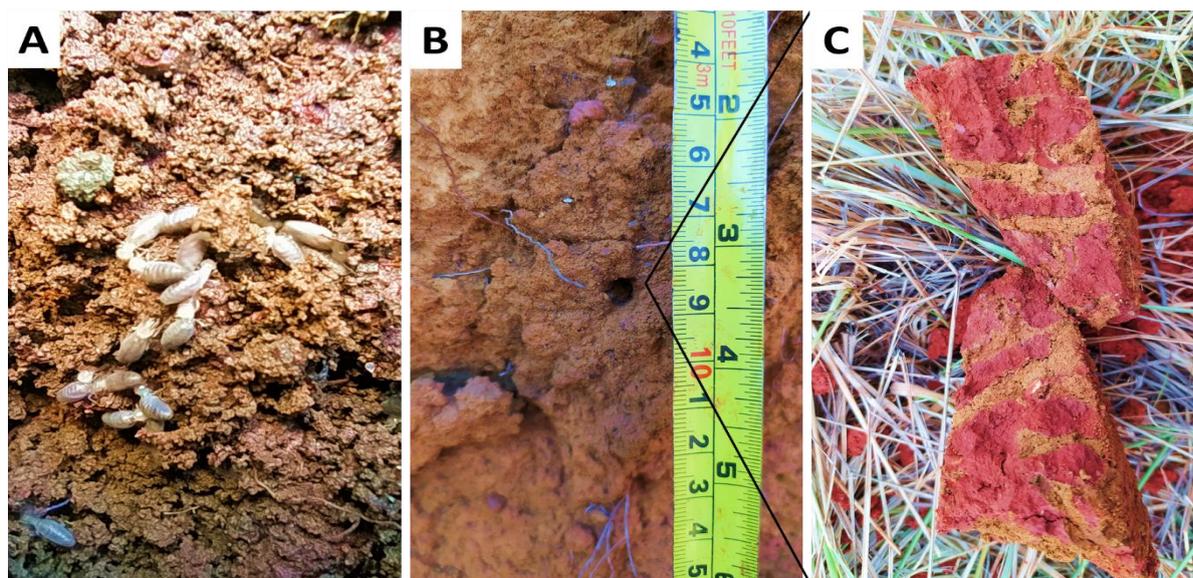


Figura 10 - Ação da pedofauna no solo: Térmitas (A); Bioporos (B); bioporos preenchidos por materiais discordantes (C).

Mando et al. (1996) sugerem que áreas com térmitas tendem a apresentar maior volume de poros e maiores taxas de infiltração de água. As galerias construídas pelos cupins constituem caminhos preferenciais para o movimento da água no perfil, visto que interligam os poros do solo entre si, gerando a formação de ambientes aerados e menos segmentados, contribuindo para facilitar o movimento da água no interior do perfil.

No processo de escavação os cupins utilizam saliva com a função de endurecer as paredes dos tuneis, dando a elas uma consistência quase pétrea (Ferreira et al., 2011). Através desta ação, os cupins modificam a estrutura do solo (Gazal et al., 2023), gerando bioporos resistentes à ação intempérica, formando estruturas residuais no interior do solo, contribuindo para estabilidade dos bioporos produzidos.

As características do solo, aliadas à presença de raízes e à abundância de uma

pedofauna ativa, favoreceram a formação de um conjunto de condições ambientais que resultaram no grande volume de poros observado, refletindo em valores de densidade do solo bem abaixo do limite crítico de  $1,85 \text{ g/cm}^3$  (Dt) estabelecido por Silva et al. (2008). Isso contribuiu para uma porosidade próxima a 50%, considerada ideal por Carvalho et al. (2020).

Um corte transversal no murundu também revelou a grande densidade de espaços vazios no solo produzidos pela pedofauna. Além de canais, também foram visualizadas antigas colônias de térmitas, com ninhos epígeos (Ferreira et al., 2011 Costa et al., 2022) abandonados e ativos, apresentando galerias com diâmetros de até 10 centímetros, distribuídas ao longo de todo morrote, porém, concentrando-se principalmente em áreas mais centrais (Figura 11).

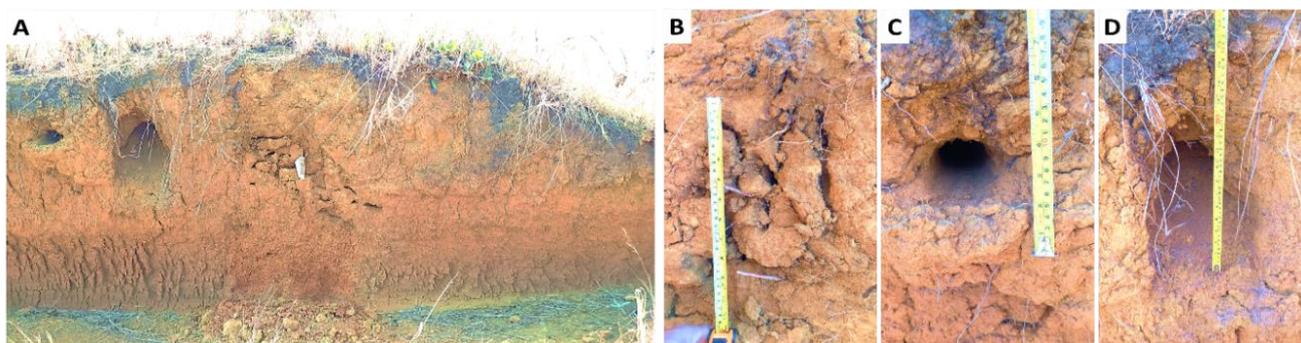


Figura 11- Perfil de um morrote de Murundus seccionado na área de Pesquisa: em (A), diferentes estruturas biogênicas; em (B), Colônia de térmitas abandonada; e em (C e D) atuais tuneis de Tatus.

Foram encontradas em superfície estruturas em formas de “cupinzeiros” apenas sobre os murundus, não sendo visualizadas entre murundus. A presença destas estruturas biogênicas em superfície aliada às grandes galerias de ninhos no interior dos murundus indica que as térmitas estabelecem suas colônias apenas nos morrotes.

Os canais de pequeno diâmetro presentes entre murundus indicam que as térmitas utilizam estas áreas apenas para atividades de trânsito e prospecção de alimentos, coletando materiais ao longo da área do entorno e os concentrando em suas colônias (Ferreira et al., 2011), podendo seus dutos atingirem distâncias de 20 metros a partir de suas colônias (Almeida et al., 1999).

A presença dos ninhos dos cupins apenas em áreas dos morrotes pode ser atribuída a uma seleção de habitats gerados pelo ambiente. Campos de murundus tem por peculiaridade a elevação temporária do nível freático e até o alagamento das áreas entre os murundus nos períodos chuvosos (Guilherme et al., 2022), sendo este fato nocivo aos animais, os quais passam a estabelecer-se em áreas mais secas. Portanto, eles tendem a se estabelecer apenas nos morrotes.

Na área de estudo, esse fenômeno pode estar relacionado diretamente às características morfológicas do solo. A presença de um horizonte B textural (com limite abrupto) pode levar à formação de fluxos laterais suspensos durante os períodos de chuva, devido à diferença no gradiente hidráulico entre os horizontes superiores (A e E), mais porosos, e os horizontes mais adensados (Bt), algo também observado por Cunha et al. (2008).

Ao desenvolverem suas colônias sobre os morrotes, a ação de escavação e amontoamento

destes animais corroboram para o aumento dos montículos, de modo a contribuir para a continuidade dos processos de formação deste microrelevo. O gradiente altimétrico das feições do microrelevo produziram alterações hídricas, onde as áreas dos morrotes não se sujeitam as mesmas condições hidrológicas das áreas entre morrotes, fato este que viabilizou a seleção de espécies de plantas, apresentando espécies lenhosas apenas nos locais mais elevados (Figura 12 A e B).

Além disso, apenas nos murundus foram observados canais produzidos pela megafauna edáfica, visualizados na forma de canais escavados por tatus, que variaram entre 10 até 34 centímetros de diâmetro, indicando que as condições de armazenamento também afetam outros animais que utilizam o solo como fonte de abrigo e/ou de alimentação.

Em horizontes mais superficiais, verificou-se que a ação das térmitas produziu uma camada de solo que destoa do restante do perfil (0-30), com maior presença de galerias e estruturas ligadas aos hábitos de vida dos animais (Figura 12 C). A camada de cascalhos lateríticos presente nesta faixa também pode ter relação com as térmitas, uma vez que nos processos de escavação estes animais selecionam materiais, realocando-os (Ferreira et al., 2011).

Através deste movimento, pode ter ocorrido no local a remoção de partículas de granulometria mais fina, visto que os diâmetros dos cascalhos podem exceder a capacidade de transporte dos animais. Por sua vez, está camada de cascalhos arredondados contribuiu para as altas taxas de infiltração constatadas no local (Figura 12 D).

Em maiores profundidades (30 a 180+ centímetros), há redução significativa da atividade biológica, evidenciado pela análise micromorfológica. Há menor quantidade de canais, os quais comumente encontram-se preenchidos.

Grande parte do volume de poros está diretamente relacionado a processos físicos (expansão e contração), formando poros fissurais (Figura 12 E).

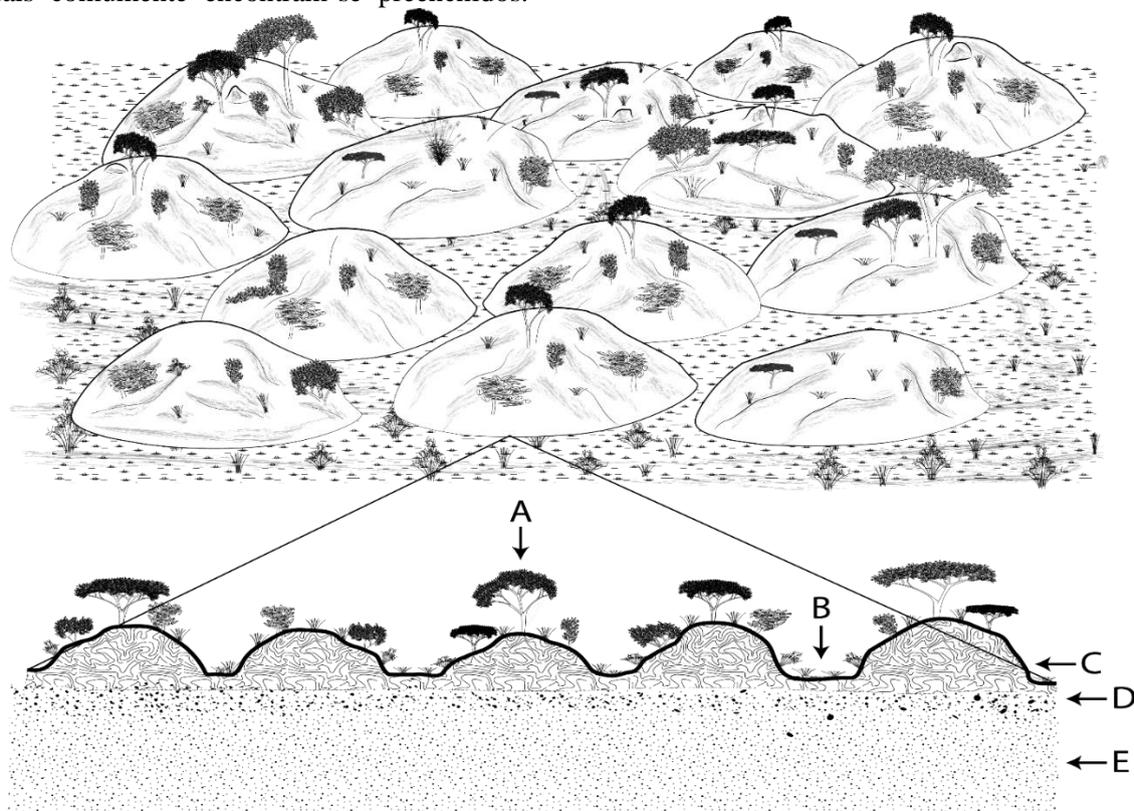


Figura 12 - Esquema geral do Campo de murundus. Plantas lenhosas distribuem-se apenas sobre morrotes (A); Área entre morrotes apresentando vegetação rasteira (B); Área com alta presença de bioturbação, visualizada na forma de grandes galerias (C); Área com alta presença de bioturbação visualizada na forma de canais (D); Elevado gradiente textural e redução do volume de poros (E).

Apesar dos altos valores de infiltração registrados, essa capacidade parece estar principalmente concentrada nos primeiros 30 cm a partir da superfície. As lâminas delgadas de solo evidenciam a redução da porosidade nos horizontes subsuperficiais do solo, o que, associado à variação no volume e na arquitetura dos poros, deve dificultar a percolação da água no perfil. A presença desse gradiente textural pode ter influenciado uma dinâmica hídrica específica nessa parte da paisagem. A formação de fluxos laterais suspensos afeta a atividade de organismos sensíveis à anoxia ou hipoxia, que encontram nos morrotes ambientes livres de inundação.

Nesse contexto, a abertura de túneis e a construção de termiteiras com seus ninhos, somadas à ação mecânica da construção de canais,

e o amontoamento de matéria orgânica realizados pelos insetos, associadas às particularidades das características físico-químicas dos solos dessas áreas, geraram estruturas biogênicas que influenciaram diretamente na capacidade de infiltração da água no solo. Pode-se ainda inferir que os cupins tenham papel destacado nas transformações das características da estrutura do solo, aumentando sua porosidade e, conseqüentemente, sua capacidade de infiltração, configurando paisagens únicas no Cerrado que merecem maior atenção para preservação e manutenção como ambientes naturais.

## Conclusões

De modo geral, o estudo revela que a área de campos de murundus é um ambiente hidrogeomorfológico ativo, com processos interativos entre os componentes bióticos e abióticos. Observou-se alta infiltração de água no solo, superando a capacidade de formação de fluxos superficiais. Isso é atribuído à estrutura porosa dos solos, influenciada pelas características texturais e atividade da pedofauna, especialmente térmitas, que contribuem para a formação de microagregados e criaram uma rede de canais entre os murundus.

A dispersão de espécies vegetais lenhosas limitada aos morrotes indica condições restritivas para o seu crescimento nas áreas ao redor. Isso pode sugerir a presença de fluxos laterais de água suspensos, já que a saturação hídrica do solo pode dificultar o pleno desenvolvimento de diversas plantas. Os ninhos das térmitas foram encontrados apenas nos murundus, enquanto os túneis foram vistos entre eles, sugerindo sua utilização como área de transição, seja para locomoção e/ou prospecção de alimentos.

Em suma, este ambiente desempenha um importante papel como área de recarga de água, redistribuindo-a para as áreas abaixo da vertente. A mudança textural abrupta em subsuperfície condiciona ao aumento da susceptibilidade a erosão hídrica, o que torna a conservação do solo nesta área fundamental, visto que a rápida resposta a infiltração de água parece estar restrita a camada mais superficial do solo.

Diante do exposto, o campo da pesquisa não se encerra aqui, pelo contrário, abre-se um leque de informações que possibilitarão novas propostas de trabalho, cujos objetivos poderão contribuir para garantir a preservação do que ainda resta do Cerrado e de seus subsistemas fisionômicos, especialmente os Campos de Murundus.

## Agradecimentos

Agradecimento a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor.

## Referências

- Almeida, J., Alves, S., & Walder, J. (1999). Tamanho da área de forrageamento do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) em cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, 56(2), 313–316. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000200009>
- Andrade, C. A. O., Silva, G. C. da, Corrêa, M. C., Collier, L. S., & Correchel, V. (2020). Condutividade hidráulica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo no Cerrado Goiano. *Agrarian*, 13(49), 385–392. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i49.9519>
- Andrade, M. F., & Andrade, M. M. F. (2021). Influência do uso e manejo do solo na velocidade de infiltração de água. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5263–5269. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-030>
- Assis, P., Saggin Júnior, O., Paulino, H., Stürmer, S., Siqueira, J., & Carneiro, M. (2014). Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6), 1703–1711. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000600005>
- Bertollo, A. M., & Levien, R. (2019). Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 25(3), 208–218. <https://doi.org/10.36812/pag.2019253208-218>
- Carvalho, C., Ferreira, R., Brito, R., Pereira, T., & Lima, T. (2020). Atributos físicos em solos cultivados com plantas de cobertura. *Scientia Naturalis*, 2, 38–41. <https://teste-periodicos.ufac.edu.br/index.php/SciNat/article/view/3655>
- Castro, S. S. & Cooper, M. (2019). Fundamentos de micromorfologia de solos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Confessor, J. G. (2023). Dinâmica hidrogeomorfológica de vertentes do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra – MG (Tese de doutorado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.70>
- Confessor, J. G., Silva, L. L., & Rodrigues, S. C. (2024a). Simuladores de chuvas: Convergência entre parâmetros científicos e de uso na replicação da precipitação natural. *Revista da*

- Casa da Geografia de Sobral (RCGS), 26(3), 1-26. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v26.1001>
- Confessor, J. G., Silva, L. L., & Rodrigues, S. C. (2024b). Dinâmica hídrica do solo de fitofisionomia de Campo Limpo do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. *Caderno de Geografia*, 34(76), 286–302. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2024v34n76p286>
- Confessor, J. G., Silva, L. L., & Rodrigues, S. C. (2024c). Dinâmica Hídrica do Solo de Fitofisionomia de Cerrado Ralo do Chapadão do Diamante - Serra da Canastra (MG). *Mercator*, 34(76), 286-302. <https://doi.org/10.4215/rm2024.e23006>
- Confessor, J. G., Silva, L. L., Rodrigues, S. C., Oliveira, M. A., & Lima, A. J. (2024d). Dinâmica Hídrica do Solo de Zona Ripária do Chapadão do Diamante – Serra da Canastra, Minas Gerais. *Sociedade & Natureza*, 36(1), 55-73. <https://doi.org/10.14393/SN-v36-2024-72336>
- Costa, J., Colares, L., & Monteiro, G. (2022). Caracterização da flora e da fauna em estudo ambiental simplificado na Amazônia central. *Revista Biodiversidade*, 21(3), 72. <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1146898&biblioteca=vazio&busca=1146898&qFacets=1146898&sort=&paginaAtual=1>
- Cunha, J. E., Nóbrega, M. T. de, & Castro, S. S. de. (2008). Infiltração de água no solo no sistema pedológico Campus do Arenito, Cidade Gaúcha, noroeste do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1837–1848. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500005>
- Dick, G., & Schumacher, M. V. (2019). Fine roots in young *Eucalyptus dunnii* Maiden trees. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO*, 7, e03. <https://doi.org/10.5902/2316980X36338>
- Fagundes, E. A. A., Koetz, M., Rudel, N., Santos, T. D., & Porto, R. (2012). Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. *Revista Enciclopédia Biosfera*, 8(14), 369. <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/determinacao.pdf>
- Ferreira, E., Martins, V., Inda, J. A., Giasson, E., & Nascimento, P. (2011). Ação dos térmitas no solo. *Ciência Rural*, 41(5), 804–811. [https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000044](https://doi.org/10.1590/S0103-16172011005000044)
- Ferreira, I. M., & Mendes, E. de P. P. (2023). Releituras geográficas das paisagens do Brasil. *Espaço Em Revista*, 25, 7–23. <https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco/article/view/74638>
- Gazal, V., Santos, A. B., Berber, G. de C. M., Rigueira, G., Fernandes, V., Souza, T. S. de, & Menezes, E. B. (2023). Nidificação e forrageamento habitual de térmitas (Insecta: Blattodea) em espécies arbóreas. *Scientific Electronic Archives*, 16(3). <https://doi.org/10.36560/16320231678>
- Gomes, C. S., & Magalhães Junior, A. P. (2020). Classes hidrogeomorfológicas de áreas úmidas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21(2). <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1794>
- Gondim, M., & França, A. M. da S. (2023). Percepção e Educação Ambiental do Parque Distrital Boca da Mata (DF). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 18(7), 94–107. <https://doi.org/10.34024/revbea.2023.v18.15004>
- Guilherme, F., Ferreira Júnior, A., Souza, L., Martins, A., Ferreira, G., & Maciel, E. (2022). Effect of drainage ditches on diversity, structure and dynamics vegetation in campos de murundus (mound fields). *Ecological Engineering*, 182, 106723. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106723>
- Helliwell, J. R., Sturrock, C. J., Miller, A. J., Whalley, W. R., & Mooney, S. J. (2019). The role of plant species and soil condition in the structural development of the rhizosphere. *Plant, Cell & Environment*, 42(6), 1974–1986. <https://doi.org/10.1111/pce.13529>
- Jarvis, N. J. (2020). A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: Principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 71(3), 279–302. <https://doi.org/10.1111/ejss.12973>
- Lin, F., Jin, Y., Liu, C., Ren, Y., Jiang, C., Feng, D., & Tang, J. (2023). Termite mounds affect soil aggregate stability and aggregate-associated phosphorus forms in a tropical rubber plantation. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05880-4>
- Mando, A., Stroosnijder, L., & Brussaard, L.

- (1996). Effects of termites on infiltration into crusted soil. *Geoderma*, 74(1-2), 33-45. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(96\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00022-2)
- Melo, V. A. de. (2019). Pequi – Uma série documental da resistência popular no Cerrado brasileiro e sua importância na conservação do segundo maior bioma da América do Sul. *Revista Museologia & Interdisciplinaridade*, 8(15), 182-192. <https://doi.org/10.26512/museologia.v8i15.24676>
- Nazar, T. I. S. M., & Rodrigues, S. C. (2019a). Mapping and analysis of surface geocover in the Chapadão do Diamante – MG – Brazil. *Mercator*, 18, 1-17. <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18010>
- Nazar, T. I. S. N., & Rodrigues, S. C. (2019b). Relevo do chapadão do diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: Compartimentação e análise a partir dos aspectos geomorfométricos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 20, 69-86. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>
- Norton, L., & Radic, L. F. (2021). A degradação do cerrado e a questão hídrica Sul-Americana: Possíveis implicações jurídicas para o Brasil. *Revista Vertentes do Direito*, 8(1), 470-490. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2021.v8n1.p470-490>
- Nunes, E., & Castro, S. (2021). Degradação de fitofisionomias do Cerrado e impactos erosivos hídricos lineares no sudoeste de Goiás – Brasil. *Sociedade e Natureza*, 33. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-60606>
- Pereira, F. C., Souza, L. F. de, Guilherme, F. A. G., Freire, J. C., & Teles, A. M. (2019). Diversidade de Asteraceae em um campo de murundus no sudoeste de Goiás, Brasil. *Rodriguésia*, 70. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970015>
- Pinese Júnior, J. F., Cruz, L. M., & Rodrigues, S. C. (2008). Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. *Sociedade & Natureza*, 20, 157-175. <https://www.scielo.br/j/sn/a/fLDmBYjq5txkkMdxZY4WNq/?format=pdf>
- Reinert, D. J., Albuquerque, J. A., Reichert, M., Aita, C., & Andrada, M. M. C. (2008). Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(5), 1805-1816. <https://doi.org/10.1590/S0034-73452008000500002>
- Rodrigues, S. C., Augustin, C., & Nazar, T. (2023). Mapeamento geomorfológico do Estado de Minas Gerais: Uma proposta com base na morfologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(1). <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>
- Santos, A., Miranda, S. D. O., & Silva Neto, C. (2020). Fitofisionomias do Cerrado: Definições e tendências. *Élisée - Revista de Geografia da UEG*, 9(2), e922022. <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10907>
- Santos, C. L. F., Oliveira, R. B. de, Mustafé, D. N., Nunes, K. A. C., & Morais, E. M. B. de. (2020). O Cerrado como o “berço das águas”: Potencialidades para a educação geográfica. *Revista Cerrados*, 17(01), 86-113. <https://doi.org/10.22238/rc244826922019170186113>
- Santos, C., Silva, P., Santos, D., Santo, J., & Santo, M. (2013). Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(2), 161-165. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2153>
- Santos, F., & Confessor, J. (2020). Geoquímica e geocronologia em campos de murunduns no Chapadão do Diamante – Serra da Canastra-MG. *Caderno de Geografia*, 30(1), 99-111. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2020v30nesp1p99-111>
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos (5ª ed.). EMBRAPA.
- Santos, R. D., Lemos, R. C., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C. dos, & Shimizu, S. H. (2015). Manual de descrição e coleta de solo no campo (7ª ed.). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Silva, G. A. (2020). Caracterização geomorfométrica de uma feição erosiva principiada por nascente no Chapadão Diamante, Serra da Canastra (MG). *Caderno de Geografia*, 30(1), 52-76. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2020v30nesp1p52-76>

2962.2020v30nesp1p52-76

Silva, M. L. N., Curi, N., & Lima, J. M. (2008). Sistema plantio direto: Teores de carbono e estabilidade de agregados em Latossolo Argiloso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(5), 2101–2111.

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500002>

Stoops, G. (2021). *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. (2ed). Wiley.

Tao, Y., Zou, Z., Guo, L., He, Y., Lin, L., Lin, H., & Chen, J. (2020). Linking soil macropores,

subsurface flow and its hydrodynamic characteristics to the development of Benggang erosion. *Journal of Hydrology*, 586, 124829. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124829>

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo* (3ª ed.). Embrapa.

Villela, M. (2022). Levantamento aerofotogramétrico do campo de murundus golfinho (FAL/UNB-DF), através de aeronave remotamente pilotada. *Revista Tocantinense de Geografia*, 11(25), 237–254. <http://dx.doi.org/10.20873/rtg.v11i25.14329>