

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Instituto de Ciências Agrárias - ICA
Karolayne Martins Botega Faria

ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E HÍDRICOS RELACIONADOS À
HIDROFOBICIDADE DOS SOLOS DE UMA VEREDA NA BACIA DO RIO
URUCUIA (MG)

Unai
2023

Karolayne Martins Botega Faria

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E HÍDRICOS RELACIONADOS À
HIDROFOBICIDADE DOS SOLOS DE UMA VEREDA NA BACIA DO RIO
URUCUIA (MG)**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ingrid Horák Terra
Coorientador: Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra

**Unai
2023**

Karolayne Martins Botega Faria

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E HÍDRICOS RELACIONADOS À
HIDROFOBICIDADE DOS SOLOS DE UMA VEREDA NA BACIA DO RIO
URUCUIA (MG)**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ingrid Horák Terra

Data de aprovação 31/07/2023.



Documento assinado digitalmente
INGRID HORAK TERRA
Data: 03/08/2023 14:55:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Ingrid Horák Terra
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM



Documento assinado digitalmente
HERMES SOARES DA ROCHA
Data: 03/08/2023 21:50:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM



Documento assinado digitalmente
LEONARDO BARROS DOBBSS
Data: 03/08/2023 16:47:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Barros Dobbss
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Unai

Dedico este trabalho à memória da minha querida avó Clotilde Botega, uma mulher que encheu a minha vida de amor e carinho. Aos seus olhos atentos, alma generosa e coração acolhedor, em profunda gratidão e saudade. Que este trabalho eternize sua memória, mantendo viva a chama do amor e carinho que sempre emanaram de você. Sua presença continuará sendo minha inspiração, guiando-me em cada passo da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Ernane e Rosilei, que sempre me incentivaram a seguir os meus sonhos e nunca mediram esforços para me proporcionar uma educação de qualidade. Sua dedicação e amor incondicional foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Agradeço também por todos os momentos de apoio e encorajamento, que foram essenciais para superar os desafios acadêmicos.

À minha querida irmã Debora, obrigada pelo companheirismo e por compreender a minha ausência em alguns momentos importantes. Você foi e sempre será a minha fonte de motivação e inspiração. Agradeço por estar sempre ao meu lado, apoiando e torcendo pelo meu sucesso.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Ingrid Hórak Terra, sou imensamente grata por sua orientação, confiança, paciência e sabedoria ao longo desse trabalho e durante a minha jornada acadêmica. Suas orientações, auxílios e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa, e sou muito grata por ter tido a oportunidade de aprender com uma profissional tão competente, dedicada e apaixonada pelo o que faz.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra, agradeço pela sua colaboração, contribuições valiosas e por compartilhar seu conhecimento e experiência. Sua participação foi fundamental para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus colegas de laboratório, Northon Matheus, Jhonny Kelvin e Henrique Lopes, agradeço pela amizade, troca de experiências e por tornarem o ambiente de pesquisa tão agradável. Vocês foram uma parte importante dessa jornada acadêmica e profissional. Agradeço pelos ensinamentos e pelos momentos de descontração em meio às pressões do TCC.

Às minhas amigas, Bruna Ferreira e Maria Tayanne, por toda ajuda e disponibilidade contribuindo para a realização desse trabalho, obrigada pelo companheirismo no dia a dia, me alegrando e me dando forças diariamente.

Não poderia deixar de agradecer ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus Unaí pelo constante apoio e por oferecer uma estrutura acadêmica de excelência e por proporcionar um ambiente propício para o aprendizado e pesquisa. Agradeço ao corpo docente e aos demais servidores que contribuíram para a minha formação acadêmica, agradeço também aos funcionários terceirizados, em especial ao Sr. Domingos Rodrigues e Sr. Dorival.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica concedida (Edital nº CICT 002/2022 – PIBIC/CNPq/2022) e

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) – Processo APQ-00458-22, pelos recursos disponibilizados. Essa bolsa foi de extrema importância para a realização deste trabalho e para o meu desenvolvimento como pesquisadora.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho e para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo dessa trajetória. A cada um de vocês, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A hidrofobicidade é um fenômeno observado em certos tipos de solos, caracterizado pela repelência à água ou pela dificuldade ao molhamento, fenômeno que deriva da complexa interação entre as partículas minerais e os compostos orgânicos presentes nos solos. As veredas, ecossistemas que apresentam solos hidromórficos e altos teores de matéria orgânica, oferecem um contexto propício para o desenvolvimento da hidrofobicidade. Nesse sentido, no presente estudo investigamos a hidrofobicidade dos solos da vereda Nevada, localizada em Arinos-MG, buscando compreender suas características físicas, químicas e hídricas. A hipótese inicial, de que esses solos apresentam hidrofobicidade significativa, foi confirmada pelos resultados obtidos. Para atingir nossos objetivos, coletamos amostras de solo em seis pontos distintos (P1 a P6), representando diferentes posições no ambiente (leste, centro, norte e sul). Para cada ponto foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em triplicata, com o objetivo de realizar testes de média. Além disso, buscou-se avaliar a hidrofobicidade pelo teste de repelência à água, que incluiu testes de infiltração e determinação das sortividades em água e álcool, utilizando o mini-infiltrômetro de disco. Também foi realizado o teste de tempo de penetração da gota de água (TPGA) como forma de entender a influência das temperaturas (40, 105, 300 e 600° C) na hidrofobicidade do solo, simulando diferentes níveis de incêndio. Os resultados revelaram diferenças significativas entre todos os atributos físicos, químicos e hídricos dos solos entre os pontos de estudo. Pontos com maior conteúdo de matéria orgânica e teores mais elevados de umidade foram classificados como solos orgânicos, demonstrando menor hidrofobicidade. Em contrapartida, solos com maior conteúdo de material mineral densidade mais alta foram associados a maior hidrofobicidade. Os testes de repelência à água mostraram que os solos orgânicos apresentaram uma maior capacidade de retenção de água, indicando menor hidrofobicidade. Em contraste, solos com maior conteúdo mineral demonstraram maior repelência à água, refletindo maior hidrofobicidade. Os testes de TPGA revelaram um aumento na hidrofobicidade conforme a temperatura aumentava. Surpreendentemente, a hidrofobicidade foi revertida a 600° C, destacando a influência térmica no fenômeno. Concluímos que atributos como matéria orgânica, material mineral e temperatura desempenham papéis cruciais na hidrofobicidade do solo. Diante dos resultados é recomendado a expansão da amostragem e a exploração de diferentes abordagens para aprofundar ainda mais nossa compreensão da dinâmica da hidrofobicidade em diferentes contextos. Em resumo, este estudo fortalece nosso entendimento dos fatores subjacentes à hidrofobicidade dos solos em veredas, proporcionando uma base sólida para o manejo sustentável desses ecossistemas únicos.

Palavras chave: Repelência. Organossolos. Cerrado. Hidrofobicidade.

ABSTRACT

Hydrophobicity is a phenomenon observed in certain types of soils, characterized by water repellency or difficulty in wetting, a phenomenon that derives from the complex interaction between mineral particles and organic compounds present in soils. The *veredas*, ecosystems that present hydromorphic soils and high levels of organic matter, offer a favorable context for the development of hydrophobicity. In this sense, in the present study we investigated the hydrophobicity of the soils of the Nevada *vereda*, located in Arinos-MG, seeking to understand their physical, chemical and hydric characteristics. The initial hypothesis, that these soils have significant hydrophobicity, was confirmed by the results obtained. To achieve our objectives, we collected soil samples at six different points (P1 to P6), representing different positions in the environment (east, center, north and south). For each point, deformed and undeformed samples were collected in triplicate, in order to perform mean tests. In addition, we sought to evaluate the hydrophobicity by the water repellency test, which included infiltration tests and determination of sorptivities in water and alcohol, using the mini-disk infiltrometer. Water droplet penetration time (DWPT) test was also performed as a way to understand the influence of temperatures (40, 105, 300 and 600° C) on soil hydrophobicity, simulating different fire levels. The results revealed significant differences between all physical, chemical and hydric attributes of the soils among the study points. Sites with higher organic matter content and higher moisture contents were classified as organic soils, demonstrating lower hydrophobicity. In contrast, soils with higher mineral material content and higher density were associated with higher hydrophobicity. Water repellency tests showed that organic soils had a higher water holding capacity, indicating lower hydrophobicity. In contrast, soils with higher mineral content demonstrated higher water repellency, reflecting higher hydrophobicity. TPGA tests revealed an increase in hydrophobicity as temperature increased. Surprisingly, hydrophobicity was reversed at 600° C, highlighting the thermal influence on the phenomenon. We conclude that attributes such as organic matter, mineral material and temperature play crucial roles in soil hydrophobicity. In view of the results it is recommended to expand sampling and explore different approaches to further deepen our understanding of hydrophobicity dynamics in different contexts. In summary, this study strengthens our understanding of the factors underlying soil hydrophobicity in *veredas*, providing a solid basis for the sustainable management of these unique ecosystems.

Keywords: Repellency. Histosols. Cerrado. Hydrophobicity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Veredas	14
3.2 Hidrofobicidade do solo	15
3.3 Fatores condicionantes do caráter hidrofóbico	15
3.3.1 Matéria orgânica do solo	15
3.3.2 Composição granulométrica	16
3.3.3 Umidade do solo	16
3.3.4 Temperatura	17
3.4 Caracterização Físico-Hídrica do Solo	18
3.4.1 Condutividade hidráulica	18
3.4.2 Curva de infiltração de água	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Área de estudo	20
4.2 Coletas das amostras de solos	22
4.3 Caracterização física e química dos solos	23
4.4 Análises físico-hídricas	25
4.4.1 Teste de infiltração	25
4.4.2 Índice de repelência a água e sortividade	27
4.4.3 Tempo de penetração da gota de água (TPGA)	27
4.5 Análise estatística	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Atributos físicos e químicos dos solos	29
5.1.1 Conteúdo de água no solo e densidade do solo e da matéria orgânica	29
5.1.2 Composição mineral versus orgânica	32
5.1.3 Resíduo mínimo: índice de potencial de subsidência	34
5.2 Condutividade Hidráulica, Sortividade e Índice de Repelência	35
5.3 Tempo de Penetração da Gota de Água (TPGA)	38
6 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXO A	53

1 INTRODUÇÃO

O termo hidrofobicidade é usado na ciência do solo para identificar a repelência do solo à água, redução da infiltração ou ainda a dificuldade do solo de reter água e nutrientes, e com isso influenciando nos processos de manejo e infiltração de água no solo (VOGELMANN et al., 2012; HANSEL et al., 2008; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2012). Esse fenômeno está associado ao recobrimento das partículas do solo por compostos orgânicos hidrofóbicos e, geralmente, o maior grau de repelência à água está intrinsecamente ligado à presença de maiores teores de carbono orgânico no solo (HALLET et al., 2001; ELLERBROCK et al., 2005; VOGELMANN et al., 2010, 2013b).

No entanto, estudos realizados por MATAIX-SOLERA et al. (2007) mostraram que a hidrofobicidade pode ser causada também por outros fatores, sendo eles: a granulometria, bem como os minerais presentes no solo; o teor de umidade do solo que é capaz de intensificar a hidrofobicidade de solos arenosos em condições de clima seco; e o tipo de matéria orgânica associado ao grau de decomposição do mesmo, em que materiais orgânicos contendo ceras, lipídeos e resinas conferem o caráter hidrofóbico, juntamente dos microorganismos decompositores que podem liberar compostos potencialmente hidrofóbicos (DEBANO 2000; DOERR et al., 2005; SCHAUMANN et al., 2007).

Jaramillo (2004) em seus estudos tratou a hidrofobicidade como um fenômeno não permanente, ou seja, de ocorrência sazonal, sendo mais intensa em épocas de secas, e diminuindo ou até mesmo desaparecendo em épocas úmidas. A hidrofobicidade também pode ser atribuída à ação do fogo (DEBANO, 2000). O aquecimento da superfície pode promover alterações nos compostos em razão do secamento do solo, bem como o seu selamento superficial e a condensação das substâncias orgânicas hidrofóbicas, levando ao aumento do escoamento superficial, ocasionando a erosão do solo e lixiviação de nutrientes, especialmente em regiões com fortes chuvas após extensões prolongadas de seca (MADSEN et al., 2011; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2012).

A repelência do solo se apresenta estreitamente ligada a sortividade, que por ser um parâmetro hidrológico, pode ser reduzida a depender da quantidade de compostos orgânicos no meio, afetando diretamente a infiltração de água no solo (DOERR et al., 2000; JORDÁN et al., 2013; VOGELMANN et al., 2013; MULLER et al., 2014).

Dentre os métodos utilizados para identificar a ocorrência e severidade da repelência do solo à água, os testes relacionados a determinação do tempo de penetração de gotas de água (TPGA) e a molaridade de gotas de etanol (MED) são os que mais se destacam. O TPGA é um

parâmetro em função do tempo, e com base no ângulo de contato da água-solo, possibilita determinar a existência ou não da hidrofobicidade (DEKKER e JUNGERIUS, 1990; DEKKER e RITSEMA, 1994). Há ainda outros métodos, tais como a obtenção de espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier (STEVENSON, 1994) e a determinação da funcionalidade química nas frações húmicas do solo pela técnica de Ressonância Nuclear Magnética (RMN) do isótopo de ^{13}C , no entanto estes são estritamente ligados aos estudos de hidrofobicidade relacionados aos aspectos químicos da matéria orgânica dos solos, pelo seu principal componente, as substâncias húmicas.

As veredas, ecossistemas tropicais úmidos exclusivos do bioma Cerrado e facilmente reconhecidos pela sua vegetação com dominância da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*), contém solos hidromórficos e/ou solos minerais com elevados teores de matéria orgânica. No Noroeste de Minas Gerais, diversas veredas estão submetidas a diversos tipos de degradação, sobretudo por interferência antrópica (construção de canais de drenagem, desmatamento, incêndios, dentre outras) (HORÁK-TERRA et al., 2022a; 2022b). Portanto, possivelmente nesses ambientes são encontrados os efeitos de hidrofobicidade.

Diante do exposto, evidencia-se que a hidrofobicidade nos solos de veredas pode ocasionar graves problemas no que tange aos papéis prestados pelos referidos ambientes, em especial à capacidade de reter as águas da chuva e de torná-las disponíveis para outros cursos d'água. Esses ambientes desempenham papel fundamental no equilíbrio hidrológico, além de serem responsáveis pela manutenção da fauna e da flora, atuam na regulação dos ciclos biogeoquímicos, no controle de inundações e na regulação do clima (HORÁK-TERRA et al., 2022a). No entanto, até o momento, há uma escassez de informações relacionadas à hidrofobicidade em solos de veredas, sendo de fundamental importância a realização de estudos que investiguem a ocorrência desse fenômeno e a sua relação com os atributos químicos, físicos e hídricos do solo nesses ambientes.

Nesse contexto, como hipótese supõem-se que os solos de veredas no Noroeste de Minas Gerais apresentam níveis significativos de hidrofobicidade, influenciados principalmente pela presença de compostos orgânicos hidrofóbicos, teores de carbono orgânico e outros fatores como granulometria, minerais presentes no solo e a sazonalidade. A hidrofobicidade pode afetar negativamente a capacidade dos solos de reter água e nutrientes, contribuindo para a degradação desses ambientes e impactando negativamente os ciclos biogeoquímicos e a regulação hídrica local.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi identificar e avaliar a influência dos atributos físicos, químicos e hídricos, em especial a variação do conteúdo de carbono orgânico e material mineral, sobre a hidrofobicidade dos solos de uma vereda inserida na bacia do rio Urucuia, no município de Arinos, em Minas Gerais, sob diferentes condições e aspectos da paisagem, incluindo diferentes tipos de interferências antrópicas e naturais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar as relações entre a hidrofobicidade do solo e os tipos de interferências, sejam elas naturais ou antrópicas.
- Comparar e analisar as diferenças entre os testes de infiltração e a sortividade ao se utilizar líquidos com características de estrutura, tensão superficial e viscosidade distintas (água e etanol), buscando compreender como esses fatores afetam a hidrofobicidade do solo.
- Determinar o grau de repelência de acordo com o intervalo do tempo de penetração da gota de água, permitindo uma avaliação mais precisa e abrangente da hidrofobicidade em diferentes temperaturas.
- Estimar e comparar os teores de carbono orgânico total, buscando entender sua relação com a hidrofobicidade e sua distribuição no perfil do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Veredas

Veredas são áreas úmidas tropicais brejosas, permanentemente encharcadas do bioma Cerrado, que ocorrem associadas a nascentes e áreas com lençol freático elevado próximo ou na superfície (ARAÚJO et al., 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). Estes ambientes são responsáveis pela manutenção de regimes fluviais e pela qualidade das águas de rios.

Por ser um ambiente heterogêneo, variando de permanentemente inundado a alagado no período chuvoso, estando saturado na maior parte do ano, as veredas apresentam alta riqueza florística e diversidade associada mesmo nos períodos de seca, sendo dominada por plantas higrófitas e hidrófitas (RESENDE et al., 2013; SANTOS et al., 2021). São constituídas principalmente por solos hidromórficos, predominantemente orgânicos ou minerais, contendo matéria orgânica nos horizontes superficiais, desempenhando importante papel como reguladoras das mudanças climáticas devido ao constante sequestro de carbono (HORÁK-TERRA et al., 2022a).

Somente as áreas com a presença da palmeira Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) têm sido consideradas como veredas (RIBEIRO; WALTER, 2008). No sistema de classificação das Áreas Úmidas Brasileiras (JUNK et al. 2014), as veredas pertencem a Áreas Úmidas (AUs) interiores, com nível de água relativamente estável e área pantanosa com vegetação em um contínuo de herbáceo a arbórea.

Apesar da elevada importância desses ambientes, principalmente por desempenhar diversas funções ambientais, as veredas recebem pouca atenção quanto à sua conservação. Mesmo com a existência do Código Florestal Brasileiro (Lei Federal, sendo a versão mais atual a de 2012), pelo qual todas as veredas devem ou deveriam estar totalmente protegidas, muitas dessas são encontradas sob intenso processo de degradação (HORÁK-TERRA et al., 2022b; ARAÚJO et al., 2023). Práticas inadequadas de manejo, como a utilização das suas águas para irrigação ou mesmo a sua drenagem para utilização dos seus solos, são recorrentes nas regiões norte e noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil (HORÁK-TERRA et al., 2022b; ARAÚJO et al., 2023). Diante disso, ressalta-se a necessidade de estudos nessas áreas, principalmente dos que tratam da caracterização e o estudo das suas funcionalidades, com vistas principalmente de proteger e manter a efetividade das suas funções ambientais.

3.2 Hidrofobicidade do solo

A hidrofobicidade pode ser entendida como a dificuldade de molhamento do solo pela água, geralmente devido ao recobrimento das partículas do solo por substâncias orgânicas hidrofóbicas (VOGELMANN et al., 2012). No entanto, há outros fatores que também afetam o surgimento e a gravidade da hidrofobicidade, tais como: textura e estrutura do solo, umidade do solo, intensidade do fogo e as diferentes condições climáticas.

Vale lembrar que esse fenômeno ocorre em diferentes tipos de solo, em várias profundidades e sob uma ampla gama de espécies de vegetação (LINCHER et al., 2007; ZALAVA et al., 2014).

3.3 Fatores condicionantes do caráter hidrofóbico

3.3.1 Matéria orgânica do solo

As espécies de plantas mais comuns que podem ser associadas à repelência da água no solo são folhas de árvores perenes que possuem em sua composição uma grande quantidade de ceras, resinas e compostos aromáticos (MARTÍNEZ-ZAVALA; JORDÁN-LOPEZ, 2009). Essas substâncias são sintetizadas pelas plantas e resultam da lenta decomposição, sendo altamente estáveis. Quando não ocorre revolvimento constante do solo, essas substâncias acumulam-se na camada superficial, contribuindo para o aumento da hidrofobicidade (SCOTT et al., 2000; BUCZKO et al., 2005; ELLERBROCK et al., 2005).

Esse acúmulo de compostos hidrofóbicos provenientes das plantas cria uma barreira física que dificulta a penetração da água no solo, resultando em repelência à água. Além disso, a presença dessas substâncias também pode alterar a distribuição de poros no solo, reduzindo a conectividade e a capacidade de armazenamento de água. Esses efeitos combinados podem levar à diminuição da infiltração de água, aumento do escoamento superficial, maior risco de erosão do solo, além da indução da ocorrência do fluxo preferencial, fazendo com que ocorram perdas de solutos por lixiviação (VOGELMANN et al., 2015; VOLIKOV et al., 2016).

Os compostos orgânicos hidrofóbicos além de serem resultantes da decomposição de resíduos de plantas, no geral também são derivados da atividade metabólica das plantas e dos microrganismos (BUCKZO et al., 2005; VOGELMANN et al., 2013b).

De acordo com Mirbabaei et al. (2013) solos com uma maior quantidade de matéria orgânica não necessariamente apresentam uma hidrofobicidade mais severa. Portanto, o grau

de hidrofobicidade não está unicamente relacionado ao teor de matéria orgânica presente no solo, mas sim também a qualidade e composição das substâncias que constituem a matéria orgânica (DOERR et al., 2005; VOGELMANN et al., 2010). Sendo assim, faz-se necessário estudos aprofundados sobre os compartimentos e componentes da matéria orgânica.

3.3.2 Composição granulométrica

O grau de hidrofobicidade pode também ser afetado pela proporção de partículas primárias (areia, silte e argila) do solo recobertas por uma camada hidrofóbica, fato que é influenciado diretamente pela área superficial específica das partículas, a qual varia consideravelmente com a textura do solo (DOERR et al., 2006).

Solos arenosos têm menor área superficial específica, então, uma determinada quantidade de compostos hidrofóbicos tende a pressionar uma proporção maior de partículas do que no caso de um solo argiloso ou siltoso onde a área de superfície específica é maior (WOCHE et al., 2005). Sendo assim, diversos pesquisadores afirmam que a repelência à água está associada a solos mais arenosos (ROBERTS; CARBON, 1972; MCGHIE; POSNER, 1980; DEBANO, 1991; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2013).

Em contrapartida, Bonanomi et al. (2016) não encontraram correlação entre a textura do solo e a repelência à água no solo. Vogelmann et al. (2010) também não encontraram correlação entre a granulometria e o índice de hidrofobicidade ao avaliarem solos de dezessete localidades diferentes do Rio Grande do Sul. Ainda de acordo com os autores, isso demonstra a inconsistência entre as observações e evidencia a necessidade de estudos prolongados, que visem esclarecimento de como os compostos orgânicos estão relacionadas às frações granulométricas no solo.

3.3.3 Umidade do solo

Segundo Dekker et al. (2001) a hidrofobicidade de um solo apresenta uma variação espacial e temporal, sendo o conteúdo de água do solo uma das variáveis que mais influência na sua ocorrência.

Estudos feitos por MacDonald e Huffman (2004) e Robinson et al. (2010), mostraram que um solo é propenso a apresentar hidrofobicidade quando abaixo de um nível crítico de umidade, seu comportamento pode alternar-se de molhável para não molhável. Porém, quando submetido a um longo período de molhamento pode novamente reverter esse comportamento e

o solo retorna a ser hidrofílico, que forma os solos hidrofóbicos podem reestabelecer sua molhabilidade (DOERR et al., 2007).

De Jonge et al. (1999) e Vogelmann et al. (2013a) observaram que a hidrofobicidade atinge zero quando a umidade do solo está próxima da capacidade de campo. No entanto, a hidrofobicidade se expressa quando há o aumento entre o conteúdo atual de água e o ponto de murcha permanente, sendo o valor máximo obtido na condição de menor umidade, corroborando com estudos feitos por Dekker e Ritsema (1994). Estes dois autores relataram que existe uma zona crítica de umidade do solo, definida por dois conteúdos de umidade, sendo o primeiro, mais baixo, um fator determinante para o conteúdo mínimo limite de água, abaixo do qual o solo se torna repelente a água; e o segundo, mais alto, que determina o conteúdo de água acima do qual o solo é molhável. Essa umidade crítica é mais variável nos primeiros centímetros do solo, provavelmente devido às maiores variações de matéria orgânica nas camadas superficiais (Dekker et al., 2001).

3.3.4 Temperatura

DeBano et al. (1970) e Sevage (1974) buscaram exemplificar a relação do aquecimento com a hidrofobicidade do solo, e foi observado que o fogo poderia induzir a hidrofobicidade em solos hidrofílicos e aumentar ou reduzir a hidrofobicidade na superfície de um solo já hidrofóbico. Os autores ainda sugeriram que o calor produzido durante os incêndios vaporizaria as substâncias orgânicas, sendo movidas para camadas inferiores conforme o gradiente de temperatura, até atingirem as camadas mais frias onde se condensariam. A condensação dos compostos orgânicos resultaria em um revestimento uniforme na superfície das partículas do solo tornando-as hidrofóbicas, ocasionando uma camada hidrofóbica em subsuperfície (DEBANO, 2000). Nesse contexto, a matéria orgânica se acumularia na superfície do solo durante os intervalos entre os incêndios (DEBANO, 1970), e se tornaria hidrofóbica principalmente devido à secagem da mistura da matéria orgânica parcialmente decomposta com as partículas do solo.

Doerr et al. (2000) afirmam que a forma com que a temperatura afetará a hidrofobicidade dependerá de alguns fatores como a temperatura alcançada durante o incêndio, o tempo de permanência do fogo ou calor, a quantidade e qualidade dos compostos orgânicos presente na superfície do solo, bem como a umidade e o tipo de solo afetado.

Quando existe uma grande quantidade de resíduos vegetais sob a superfície do solo e ocorrem os incêndios de grandes magnitudes, ocorre a elevação significativa da temperatura

através da queima da vegetação. Assim, altas temperaturas na superfície do solo (acima de 300° C) destruiriam a repelência na camada superficial que em contrapartida, é intensificada nas camadas subsuperficiais (ROBICHAUD; HUNGERFORD, 2000).

A temperatura do solo durante um incêndio é elevada na superfície, e vai diminuindo com o aumento da profundidade (DOERR et al., 2005), uma vez que a combustão juntamente da transferência de calor durante os incêndios produz gradientes de temperatura elevados apenas nas camadas superficiais do solo (LETEY, 2001).

Segundo Rundel (1983), já foram registradas temperaturas entre 200 e 300° C na superfície do solo durante a ocorrência de incêndios florestais. Já queimadas sobre materiais combustíveis como a palhada, com cobertura >400 Mg ha⁻¹, a temperatura na superfície do solo pode chegar a 500-700° C, com picos de ~1500° C (DUNN; DEBANO, 1977). Entretanto, as altas temperaturas permanecem apenas na superfície, uma vez que na profundidade de 5 cm de solo provavelmente a temperatura não deve exceder 105° C devido ao solo seco ser um mau condutor de calor (DEBANO et al., 2000).

3.4 Caracterização Físico-Hídrica do Solo

3.4.1 Condutividade hidráulica

Pesquisas apontam que a condutividade hidráulica dos solos é uma importante propriedade físico-hídrica pertinente a vários problemas agronômicos, de engenharia e meio ambiente (KÖHNE et al., 2008; ANDRADE et al., 2008). Sendo um parâmetro chave para analisar a intensidade do deslocamento da água no solo (MARQUES et al., 2008), a condutividade do solo saturado (K_0) é matematicamente definida por Andrade et al. (2008) como sendo a constante de proporcionalidade da Lei de Darcy, que em termos hidrodinâmicos reflete a maior ou menor facilidade de escoamento de água no meio poroso do solo.

3.4.2 Curva de retenção e infiltração de água no solo

Segundo Andrade et al. (2008), a relação funcional entre o teor de água no solo, em base, peso ou volume (θ), e o potencial matricial do solo (ψ_m), é chamada de curva característica do solo ou curva de retenção de água no solo, sendo que muitas vezes o potencial matricial do solo é expresso como carga hidráulica (h) em unidade de coluna d'água (cm ou m).

Física e hidraulicamente, a curva de retenção expressa a quantidade de água retida em equilíbrio no solo para uma determinada força de sucção (ZAPATA COACALLA, 2012).

Como o próprio nome indica, o teor de água armazenado no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo, variando de acordo com o grau de compactação, textura do solo, o conteúdo de matéria orgânica, classe de solo, geometria dos poros e outras propriedades físicas do solo (COUTO E SANS, 2002).

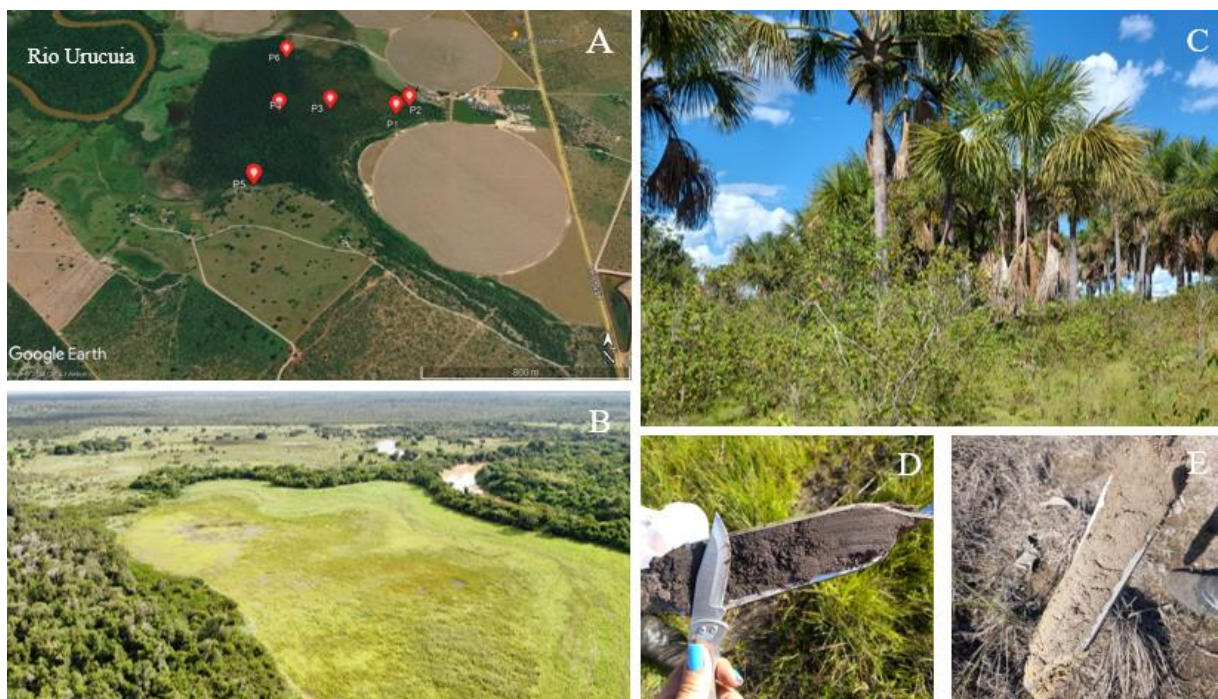
Antonino et al. (2004) afirmaram que a curva de retenção de água no solo, $h(\theta)$, e a curva de condutividade hidráulica, $K(\theta)$, são os principais dados de entrada de modelos numéricos de simulação do fluxo transitório de água e do transporte de contaminantes na zona não saturada. Segundo esses autores, elas são geralmente determinadas em experimentos de campo e de laboratório, sob condições iniciais e de contorno específicas, sendo que estes métodos são onerosos e consomem muito tempo, principalmente no caso de $K(\theta)$.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na vereda pertencente a Fazenda Nevada (propriedade particular), no município de Arinos, Noroeste de Minas Gerais (Figura 1). A área possui cerca de 147 hectares e está inserida na bacia hidrográfica do rio Urucuia.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2022.

A. Vereda Nevada, município de Arinos (Minas Gerais), e localização dos pontos de estudo (P1, P2, P3, P4, P5 e P6). B. Vista aérea da vereda Nevada. C. Vegetação preservada contendo a fitofisionomia vereda (destaque nos buritis, representada pela *Mauritia flexuosa*). D. Solo orgânico estudado. E. Solo mineral estudado.

O clima da região é do tipo Aw de Köppen, caracterizado como clima tropical, com temperatura média mínima anual de 16° C e máxima de 30° C, e umidade relativa média anual de 70%. Segundo Mourão et al. (2001) a precipitação total anual varia entre 1.100 e 1.200 mm. A região em questão apresenta duas estações bem definidas, com um período seco no inverno entre maio e setembro/outubro, e outro com chuvas concentradas no verão, entre novembro e março (FUNATURA, 2003).

Os solos mais representativos no município de Arinos pertencem às classes Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelo, bem como também são representados pelos solos hidromórficos cinzentos álicos e solos aluviais eutróficos (MOURÃO et al., 2001). Já em

IGAM (2014) são destacados também os Cambissolos Háplicos distróficos, Gleissolos Háplicos distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelo distróficos e os Gleissolos Háplicos distróficos para o território do município. Nas depressões das cabeceiras das linhas de drenagem, onde há maior acúmulo de água ao longo do ano, normalmente são encontrados Organossolos Háplicos e Gleissolos Melânicos, que formam os solos dos ecossistemas de veredas.

A vegetação na área de estudo é pertencente ao bioma Cerrado (Figura 1), sendo representada pelas fitofisionomias campestres Campo Limpo Úmido, formações savânicas Cerrado típico e Veredas, e formação florestal Mata de Galeria (RIBEIRO; WALTER, 2008).

P1 a P6, referem-se aos pontos onde foram feitas as coletas dos solos para a realização do estudo proposto. A seguir segue uma caracterização das condições locais dos mesmos, e separados por seções de acordo com o posicionamento geográfico.

Os pontos de estudo P1 ($15^{\circ} 48' 30,84''$ S e $46^{\circ} 03' 39,10''$ O) e P2 ($15^{\circ} 48' 28,91''$ S e $46^{\circ} 03' 36,47''$ O) estão localizados na seção leste (oriental) da vereda Nevada é caracterizada pela presença de buritis (*Mauritia flexuosa*) com uma regeneração inicial de Cerrado típico. A área nessa seção está antropizada por desmatamento, queimada e pisoteio do gado. Também é de destaque que nessa seção há a maior concentração dos pivôs, todos em pleno funcionamento. Os solos nos dois pontos foram verificados encharcados na condição de campo durante a data da coleta (7 e 8 de novembro de 2022, antes do início do período chuvoso), P1 apresentando a cor amarela e P2 cinza.

Pontos P3 ($15^{\circ} 48' 29''$ S e $46^{\circ} 03' 51''$ O) e P4 ($15^{\circ} 48' 30,31''$ S e $46^{\circ} 04' 00,51''$ O) estão localizados no centro da vereda, e a seção é caracterizada por vegetação de floresta, em específico por uma Mata de Galeria. Seção muito preservada, sem ação antrópica atualmente. Solos encharcados no dia da coleta, e provavelmente durante todo o ano. P3 e P4 com solos de cores pretas e com muitas fibras e restos de vegetação preservados (matéria orgânica fíbrica ou fíbrica/hêmica).

Já P5 ($15^{\circ} 48' 46,95''$ S e $46^{\circ} 04' 03,98''$ O), localizado na seção sul (meridional) da vereda, encontra-se bem próximo a áreas de pastagens degradadas. Solo de P5 também coletado em condição de encharcamento, e também com cores pretas, mas aqui com uma matéria orgânica aparentemente mais decomposta (sáprica).

Por fim, P6 ($15^{\circ} 48' 15,71''$ S e $46^{\circ} 03' 59,97''$ O), no norte da vereda (setentrional), está inserido na borda da Mata de Galeria, seção com floresta em regeneração, mas com evidências de antropização por desmatamento, pisoteio animal e fogo. Solo de P6 também

coletado em condição de encharcamento, e também com cores pretas, e, também com uma matéria orgânica aparentemente mais decomposta (sáprica), assim como de P5.

Vale ressaltar que em anos com maiores taxas de precipitação, durante período chuvoso, o rio Urucuia extravasa.

4.2 Coletas das amostras de solos

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na profundidade de 0-20 cm em todos os pontos do estudo, ou seja, de P1 a P6, em triplicata, portanto totalizando 36 amostras de solo (18 amostras deformadas e 18 amostras indeformadas).

Para a coleta das amostras indeformadas foram utilizados cilindros de alumínio com três polegadas de diâmetro e 1/8” de espessura. Imediatamente após a coleta de cada cilindro, os mesmos foram envoltos por filme plástico e armazenados em caixas térmicas para posterior transporte ao Laboratório de Pedologia e Física do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus Unaí. As amostras deformadas foram coletadas com trado holandês e armazenadas em sacos plásticos.

No laboratório as amostras deformadas foram separadas para a determinação do teor de matéria orgânica e para a realização do teste de tempo de penetração da gota de água no solo (TPGA), enquanto as amostras indeformadas foram preparadas para os testes de infiltração, onde em cada cilindro foi colocada uma atadura no fundo da mesma e presa por um elástico de látex com o intuito de impedir a perda de material durante os testes. As amostras indeformadas (cilindros) após o preparo foram saturadas de baixo para cima (Figura 2) em um recipiente contendo água por aproximadamente 20 dias, até o início dos testes de infiltração.

Figura 2 - Preparação das amostras indeformadas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2022.

A, B e C. Toilet das amostras. D. Vedação da parte inferior dos cilindros. E. Saturação das amostras.

4.3 Caracterização física e química dos solos

Umidade gravimétrica (U_g), umidade volumétrica (U_v), densidade do solo (D_s), densidade da matéria orgânica (D_{mo}), resíduo mínimo (RM), material mineral (MM) e matéria orgânica (MO), foram determinados seguindo os “Testes para Caracterização de Organossolos” descritos no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2018), bem como também o Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA et al., 2017).

A determinação do teor de matéria orgânica nos solos dos pontos estudados seguiu o método da mufla, preconizado segundo Lynn et al. (1974) e descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Esse método implica na pesagem das amostras de volume conhecido ($2,5 \text{ cm}^3$) e submetidas a uma prévia secagem em estufa a 105° C , por um período de 24 horas, visando eliminar toda água presente no solo. Após esse período, as mesmas amostras são pesadas novamente afim de determinar o valor de densidade do solo (Equação 1), por fim as amostras são transferidas para cadinhos de porcelana e inseridas em forno mufla e incinerados a uma temperatura de 600° C , por 6 horas (Figura 3). Posteriormente os cadinhos contendo as cinzas devem ser pesados.

$$D_s = \frac{\text{peso seco a } 105^{\circ}\text{C (24h)}}{\text{volume conhecido da amostra}} \quad (1)$$

O teor de matéria orgânica (Equação 2) determina, por si só o incremento deste constituinte nos solos em estudo, bem como o carbono orgânico (Corg) determinado, uma vez que este elemento é o seu principal constituinte. Já o material mineral (Equação 3) é o principal atributo indicador da composição mineral dos solos estudados. (JACKSON et al., 2000; BALDOCK E SKJEMSTAD, 2000) e foram quantificados pelas respectivas equações:

$$\text{MO}(\%) = \frac{(\text{peso seco a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso seco a } 600^{\circ}\text{C})}{(\text{peso seco a } 105^{\circ}\text{C})} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{MM}(\%) = \frac{\text{peso seco a } 600^{\circ}\text{C}}{\text{peso seco a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad (3)$$

A densidade de matéria orgânica (Equação 4) foi quantificada pela equação:

$$\text{DMO} = D_s - D_s \left(\frac{\text{MM}}{100} \right) \quad (4)$$

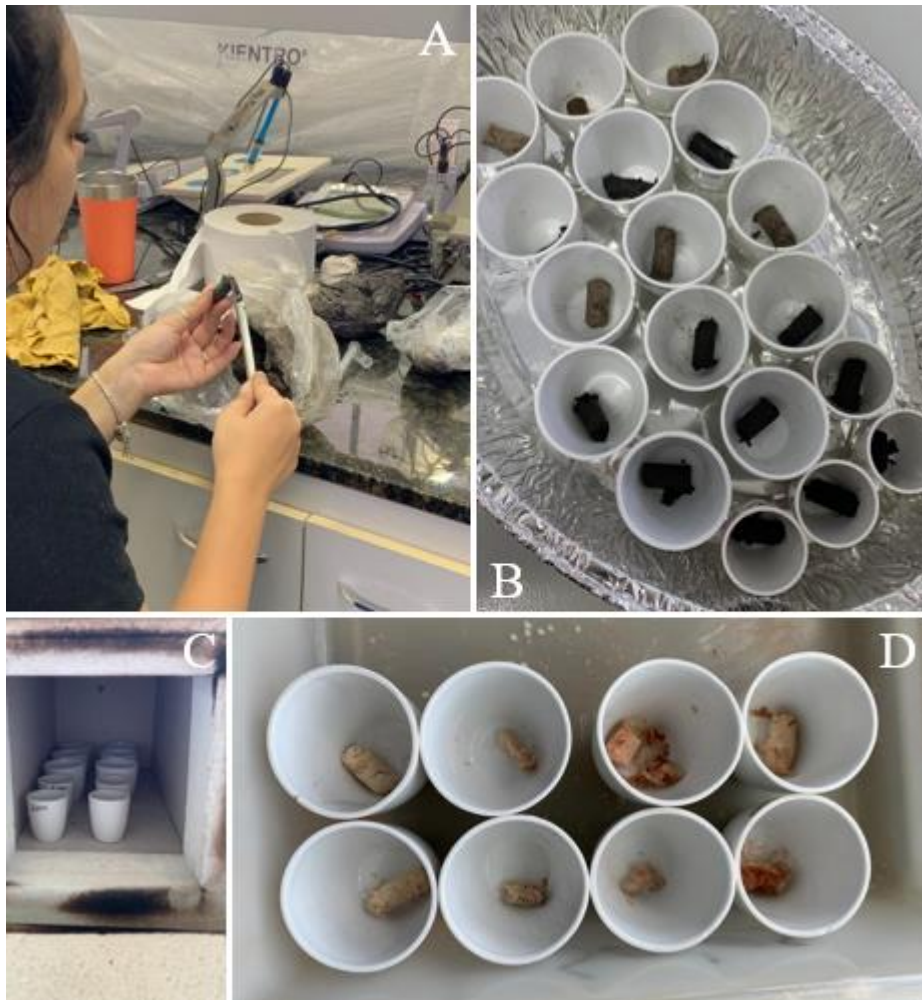
O resíduo mínimo (RM) representa a constituição mineral do material original após a perda (mineralização) integral do material orgânico (LYNN et al., 1974). Ele foi obtido através da equação 5, onde percebe-se que quanto maior a D_s do organossolo menor será o potencial de subsidência e quanto maior o teor de matéria orgânica maior será o potencial de subsidência.

$$\text{RM} = \frac{(D_s - \text{DMO})}{1,5} \quad (5)$$

Em que o fator 1,5 representa um valor médio para a densidade do solo residual após subsidência, como proposto por Lynn et al. (1974).

Já o teor de carbono orgânico total foi calculado dividindo o teor de matéria orgânica (MO) obtido pelo fator de “van Bemmelen” (1,724).

Figura 3 - Procedimentos laboratoriais.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2023.

- A. Separação das amostras em volumes de $2,5\text{cm}^3$. B. Amostras antes do tratamento térmico. C. Cadinhos contendo as amostras dentro do forno mufla. D. Amostras após combustão.

4.4 Análises físico-hídricas

4.4.1 Teste de infiltração

A condutividade hidráulica e a curva de infiltração de água no solo foram obtidas em laboratório utilizando o método proposto por Zhang (1997), com o auxílio de um infiltrômetro Mini Disco (METER Group Inc, 2018), com 32,7 cm de comprimento total, diâmetro do tubo de 3,1 cm, disco de aço sinterizado com 4,5 cm de diâmetro e 3 mm de espessura, faixa de sucção de 0,5 a 7 cm e capacidade para 135 mL de água. (Figura 4)

Figura 4 – Equipamento utilizado



Figura 4 - Equipamento utilizado. Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2023. A. Infiltrômetro Mini Disco. B, C e D. Testes de infiltração utilizando o infiltrômetro. E. Cilindros contendo as amostras indeformadas

O infiltrômetro a disco com sucção controlada permite que se realizem medidas afim de caracterizar os parâmetros da infiltrabilidade, como a condutividade hidráulica e a sortividade capilar. Os testes de infiltração com o mini-infiltrômetro de disco foram realizados nas amostras indeformadas de solo saturado, utilizando a taxa de sucção de 2 cm (Figura 4). O infiltrômetro foi colocado na superfície lisa do solo, onde no tempo zero foi registrado o volume inicial de água e posteriormente foram registrados o tempo que levava para infiltrar 1 mL de água, o procedimento foi repetido até que se infiltrasse 15 mL de água em cada uma das 18 amostras indeformadas coletadas. Todos os dados foram registrados em planilha para a obtenção da condutividade hidráulica e a curva de infiltração de água no solo.

4.4.2 Índice de repelência a água e sortividade

Após a realização dos testes de infiltração, todas as amostras indeformadas foram submetidas a um período de simulação de seca. Elas foram colocadas na estufa sob a temperatura de 40° C durante aproximadamente 30 dias. Essa etapa tinha como objetivo simular a escassez de água e avaliar o comportamento da hidrofobicidade do solo nessas circunstâncias, que são comuns em ambientes de vereda durante os períodos secos.

Além disso, os testes de infiltração com o mini-infiltrômetro de disco, foram registrados o tempo inicial e o volume inicial do líquido infiltrado. As leituras do volume do líquido infiltrado foram então realizadas até que se atingisse o valor de 15 mL infiltrados. Essa medida foi adotada para obter uma análise precisa do grau de repelência do solo e possibilitar a comparação entre diferentes amostras e condições.

Os dados foram registrados em planilha e a sortividade do etanol e da água foram calculados através das equações 6 e 7, respectivamente.

$$Se = \frac{I}{\sqrt{t}} \quad (6)$$

Em que I refere-se à infiltração acumulada e Se (cm/s) é a sortividade do etanol.

$$Sw = \frac{I}{\sqrt{t}} \quad (7)$$

Em que I refere-se à infiltração acumulada e Sw (cm/s) é a sortividade da água.

Já o índice de repelência foi obtido através da equação 8 abaixo.

$$R = 1,95 \frac{Se}{Sw} \quad (8)$$

4.4.3 Tempo de penetração da gota de água (TPGA)

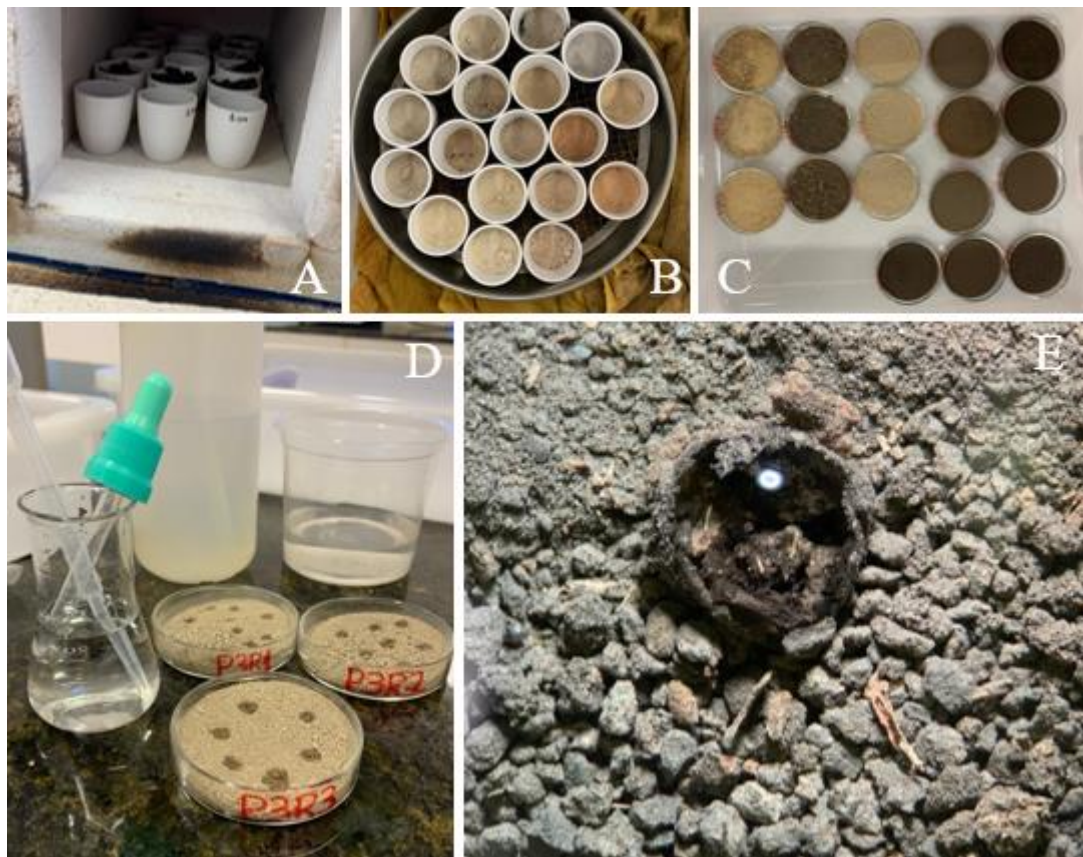
As amostras destinadas ao método TPGA foram colocadas em cadinhos de porcelana e submetidas durante 30 minutos às seguintes temperaturas: 40, 105, 300 e 600° C. As amostras submetidas as temperaturas de 40 e 105° C foram aquecidas na estufa, já as amostras submetidas as temperaturas de 300 e 600° C foram aquecidas no forno mufla. As temperaturas escolhidas estão na faixa comumente empregada para estudos dos efeitos de queimadas em condições

laboratoriais (ALCANIZ et al, 2018; MATAIX-SOLERA, et al, 2011). Após cada aquecimento as amostras foram retiradas da estufa e do forno mufla e colocadas em dessecador.

Para avaliar a repelência do solo foi utilizado o método de TPGA descrito por Letey (1969). O procedimento consiste no gotejamento de água destilada na superfície do solo, mensurando o tempo necessário para que a gota se infiltre totalmente.

A análise foi realizada nas amostras após o tratamento térmico, consistindo em aplicar cinco gotas de água destilada na superfície de cada amostra de solo em uma placa de Petri com auxílio de uma pipeta de Pasteur (Figura 5), cronometrando-se o tempo necessário para que essas gotas penetrassem completamente na amostra.

Figura 5 – Teste do tempo de penetração da gota de água.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2023.

A. Cadinho contendo as amostras dentro da mufla. B e C. Amostras após tratamento térmico. D. Teste do tempo de penetração da gota de água. E. Gota de água sob o solo hidrofóbico.

Os dados obtidos foram classificados em relação ao nível de repelência seguindo as classes definidas por Bisdom et al. (1993), as quais consideram o tempo médio de infiltração das cinco

gotas, a saber: molhável (< 5 s); pouco hidrofóbico (6 – 60 s); muito hidrofóbico (61 – 600 s); severamente hidrofóbico (601 – 3600 s); extremamente hidrofóbico (> 3600 s).

4.5 Análise estatística

Foi conduzida uma análise de comparação de médias utilizando o método de análise de variância pelo Teste de Tukey nos seis pontos distintos de coleta de amostras de solo (designados como P1 a P6) dentro da região da vereda. O objetivo foi discernir quais atributos apresentaram disparidades de natureza estatisticamente significativa entre tais pontos de coleta. As médias obtidas foram contrastadas considerando um limiar de significância estabelecido em 5% ($\alpha = 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Atributos físicos e químicos dos solos

5.1.1 Conteúdo de água no solo e densidade do solo e da matéria orgânica

A umidade gravimétrica (Ug), a densidade do solo (Ds) e a densidade da matéria orgânica (Dmo) apresentaram diferenças significativas entre os pontos estudados (Tabela 1). Na seção leste da vereda, P1 apresentou valores que variaram entre 0,41 e 0,56 g g⁻¹, com uma média de 0,48±0,08 g g⁻¹ para Ug; entre 0,58 e 0,62 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,60±0,02 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 1,03 e 1,51 Mg m⁻³, com uma média de 1,28±0,24 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,04 e 0,05 Mg m⁻³, com uma média de 0,05±0,01 Mg m⁻³ para Dmo. Nesta mesma seção, P2 apresentou valores entre 3,73 e 4,54 g g⁻¹, com uma média de 4,13±0,41 g g⁻¹ para Ug; entre 0,77 e 0,90 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,85±0,07 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 0,19 e 0,24 Mg m⁻³, com uma média de 0,21±0,03 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,06 e 0,07 Mg m⁻³, com uma média de 0,06±0,01 Mg m⁻³ para Dmo.

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos dos solos superficiais na vereda Nevada, Arinos (MG).

Am.	Ug	Uv	Ds	Dmo	RM	MM	MO	C _{org}	Textura
	g g ⁻¹	cm ³ cm ⁻³	---- Mg m ⁻³ ----	m m ⁻¹	----- % -----				
Seção leste da vereda									
P1R1	0,46	0,60	1,30	0,05	0,83	96,02	3,98	2,31	franco arenosa
P1R2	0,56	0,58	1,03	0,04	0,66	95,91	4,09	2,37	
P1R3	0,41	0,62	1,51	0,05	0,98	96,98	3,02	1,75	
Média	0,48 ^E	0,60 ^B	1,28 ^A	0,05 ^D	0,82 ^A	96,30 ^A	3,70 ^E	2,14 ^E	
±DP	±0,08	±0,02	±0,24	±0,01	±0,16	±0,59	±0,59	±0,34	
P2R1	4,11	0,77	0,19	0,06	0,09	70,11	29,89	17,34	orgânica
P2R2	3,73	0,90	0,24	0,06	0,12	73,48	26,52	15,38	
P2R3	4,54	0,87	0,19	0,07	0,08	65,30	34,70	20,13	
Média	4,13 ^A	0,85 ^A	0,21 ^D	0,06 ^{CD}	0,10 ^C	69,63 ^D	30,37 ^B	17,62 ^B	
±DP	±0,41	±0,07	±0,03	±0,01	±0,02	±4,11	±4,11	±2,39	
Seção central da vereda									
P3R1	0,87	0,69	0,80	0,10	0,46	86,98	13,02	7,55	siltosa
P3R2	1,01	0,83	0,82	0,12	0,47	85,67	14,33	8,31	
P3R3	1,10	0,78	0,71	0,12	0,40	83,61	16,39	9,51	
Média	0,99 ^{DE}	0,77 ^{AB}	0,78 ^B	0,11 ^{AB}	0,44 ^B	85,42 ^B	14,58 ^D	8,46 ^D	
±DP	±0,12	±0,07	±0,06	±0,01	±0,04	±1,70	±1,70	±0,99	
P4R1	1,52	0,67	0,44	0,08	0,24	81,36	18,64	10,81	orgânica
P4R2	1,78	0,78	0,44	0,09	0,24	80,18	19,82	11,50	
P4R3	2,03	0,81	0,40	0,09	0,20	76,98	23,02	13,35	
Média	1,78 ^C	0,75 ^A	0,43 ^{CD}	0,09 ^{BC}	0,23 ^C	79,51 ^{BC}	20,49 ^{CD}	11,89 ^{CD}	
±DP	±0,26	±0,07	±0,02	±0,01	±0,02	±2,27	±2,27	±1,31	
Seção sul da vereda									
P5R1	2,32	0,88	0,38	0,13	0,16	64,75	35,25	20,45	orgânica
P5R2	2,34	0,67	0,29	0,11	0,12	62,42	37,58	21,80	
P5R3	2,88	0,92	0,32	0,15	0,11	51,43	48,57	28,17	
Média	2,51 ^B	0,82 ^A	0,33 ^{CD}	0,13 ^A	0,13 ^C	59,53 ^E	40,47 ^A	23,47 ^A	
±DP	±0,32	±0,13	±0,05	±0,02	±0,03	±7,11	±7,11	±4,12	
Seção norte da vereda									
P6R1	1,66	0,69	0,42	0,12	0,20	71,33	28,67	16,63	orgânica
P6R2	1,24	0,74	0,60	0,17	0,29	72,05	27,95	16,21	
P6R3	1,24	0,68	0,54	0,14	0,27	73,50	26,50	15,37	
Média	1,38 ^{CD}	0,70 ^{AB}	0,52 ^{BC}	0,14 ^A	0,25 ^{BC}	72,29 ^{CD}	27,71 ^{BC}	16,07 ^{BC}	
±DP	±0,24	±0,03	±0,09	±0,03	±0,05	±1,11	±1,11	±0,64	

Am.: amostra. Ug: unidade gravimétrica. Uv: unidade volumétrica. Ds: densidade do solo. Dmo: densidade da matéria orgânica. RM: resíduo mínimo. MM: material mineral. MO: matéria orgânica. Corg: carbono orgânico.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

Na seção central, P3 apresentou valores entre 0,87 e 1,10 g g⁻¹, com uma média de 0,99±0,12 g g⁻¹ para Ug; entre 0,69 e 0,83 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,77±0,07 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 0,71 e 0,82 Mg m⁻³, com uma média de 0,78±0,06 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,10 e 0,12 Mg m⁻³, com uma média de 0,11±0,01 Mg m⁻³ para Dmo. E, P4 apresentou valores entre 1,52 e 2,03 g g⁻¹, com uma média de 1,78±0,26 g g⁻¹ para Ug; entre 0,67 e 0,81 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,75±0,07 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 0,40 e 0,44 Mg m⁻³, com uma média de 0,43±0,02 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,08 e 0,09 Mg m⁻³, com uma média de 0,09±0,01 Mg m⁻³ para Dmo.

Já na seção sul, P5 apresentou valores entre 2,32 e 2,88 g g⁻¹, com uma média de 2,51±0,32 g g⁻¹ para Ug; entre 0,67 e 0,92 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,82±0,13 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 0,29 e 0,38 Mg m⁻³, com uma média de 0,33±0,05 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,11 e 0,15 Mg m⁻³, com uma média de 0,13±0,02 Mg m⁻³ para Dmo.

E, por fim, na seção norte, P6 apresentou valores entre 1,24 e 1,66 g g⁻¹, com uma média de 1,38±0,24 g g⁻¹ para Ug; entre 0,68 e 0,74 cm³ cm⁻³, com uma média de 0,70±0,03 cm³ cm⁻³ para Uv; entre 0,42 e 0,60 Mg m⁻³, com uma média de 0,52±0,09 Mg m⁻³ para Ds; e entre 0,12 e 0,17 Mg m⁻³, com uma média de 0,14±0,03 Mg m⁻³ para Dmo.

De maneira geral, os solos caracterizados como orgânicos (definidos como textura orgânica; Tabela 1) apresentaram valores mais elevados de Ug (em ordem decrescente: P2, P5, P4 e P6), de Uv (P2, P5 e P4; não apresentaram diferença significativa) e de Dmo (P6 e P5), enquanto nos solos desses pontos os valores de Ds foram os mais baixos (em ordem crescente: P2, P5, P4 e P6). Portanto, o que se observa é a existência de uma relação inversa entre esses atributos, ou seja, quanto maiores os valores de Ug, Uv e Dmo, menores os valores de Ds, e vice-versa.

Segundo Cipriano-Silva et al. (2014), a redução da densidade do solo indica um aumento do teor de matéria orgânica e menor grau de decomposição da matéria orgânica. Já, de acordo com Ebeling et al. (2013), as variações nos valores de Ds dos Organossolos (classe dos solos orgânicos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS; SANTOS et al., 2018) estão relacionadas à qualidade da matéria orgânica, aos componentes da fração mineral, ao clima, temperatura e umidade.

O elevado conteúdo de água (elevados valores de U_g e U_v) nos solos orgânicos estudados provavelmente está associado a uma maior porosidade do solo resultante do elevado conteúdo de matéria orgânica, e, possivelmente, ao grau de decomposição (estágio) e tipo/qualidade da matéria orgânica (HORÁK-TERRA et al., 2022b). Solos em estágios iniciais de decomposição e contendo uma matéria orgânica mais fibrosa (matéria orgânica fíbrica), contém uma maior macroporosidade, enquanto solos com matéria orgânica em estágios mais avançados de decomposição e com um menor conteúdo de fibras (matéria orgânica mais sáprica), contém uma menor macroporosidade (ANDRIESSE, 1988).

P2 apesar de estar na mesma seção que P1 (leste), o solo neste ponto é de destaque por apresentar os maiores valores de U_g e U_v , e ainda muito mais elevados que os solos na seção central representado por P4, e os pontos nas seções sul P5 e seção norte P6 (P4, P5 e P6 fazem parte de um mesmo eixo central, e com uma vegetação nativa Mata de Galeria, veja Figura 1). No entanto, a Dmo em P2 não foi muito elevada (média de $0,06 \pm 0,01 \text{ Mg m}^{-3}$), enquanto os valores mais elevados de Dmo foram vistos em P6 e P5 ($0,14 \pm 0,03$ e $0,13 \pm 0,02 \text{ Mg m}^{-3}$, respectivamente). Dmo elevada pode estar associada a uma matéria orgânica mais humificada (ANDRIESSE, 1988), portanto, pode-se inferir que em P2 a matéria orgânica é menos humificada que em P6 e em P5. Solos menos humificados podem estar relacionados à idade mais jovem do material (deposição mais recente) e/ou a qualidade da matéria orgânica (mais recalcitrante) e/ou a maior saturação no ambiente (ambiente anóxico com supressão quase que total de O_2).

5.1.2 Composição mineral e orgânica

Na seção leste da vereda, P1 apresentou valores de MM e MO, entre 96,02 e 96,98%, com uma média de $96,30 \pm 0,59\%$, e entre 3,02 a 4,09%, com uma média de $3,70 \pm 0,59\%$, respectivamente. Teores de Corg foram os mais baixos entre os pontos estudados, variando de 1,75 a 2,37%, com uma média de $2,14 \pm 0,34\%$, portanto corroborando com a textura verificada em campo (franco arenosa). Sendo assim, P1 é caracterizado como um solo mineral (para serem considerados orgânicos pelo SiBCS, teores de Corg devem ser $\geq 8\%$; SANTOS et al., 2018). Ainda, na seção leste, diferentemente de P1, P2 apresentou valores mais elevados de MO, que variaram entre 26,52 e 34,70%, com uma média de $30,37 \pm 4,11\%$, enquanto a fração de MM variou entre 65,30 e 73,48%, com uma média de $69,63 \pm 4,11\%$. Teores de Corg nesse mesmo ponto variaram entre 15,38 e 20,13%, com uma média de $17,62 \pm 2,39\%$.

Na seção central, P3 apresentou valores de MM e MO entre 83,61 e 86,98%, com uma média de $85,42 \pm 1,70\%$, e entre 13,02 e 16,39%, com uma média de $14,58 \pm 1,70\%$, respectivamente. Corg em P3 variou entre 7,55 e 9,51%, com uma média de $8,46 \pm 0,99\%$. A classe textural do solo deste ponto foi atribuída a silte (ou textura siltosa), mesmo sendo considerado como um solo orgânico pelo valor de Corg (média resultante $\geq 8\%$, no entanto bem próximo ao limite inferior). Já P4 apresentou valores um pouco mais elevados de MO e Corg que P3, entre 18,64 e 23,02%, com uma média de $20,49 \pm 2,27\%$, e entre 10,81 a 13,35%, com uma média de $11,89 \pm 1,31\%$ (solo orgânico pelo SiBCS, e corroborado pela textura orgânica vista no campo), respectivamente, enquanto os valores de MM variaram entre 76,98 e 81,36%, com uma média de $79,51\% \pm 2,27$.

Na seção norte da vereda, P6 apresentou valores que variaram entre 71,33 e 73,50%, com uma média de $72,29 \pm 1,11\%$ para MM, e entre 26,50 e 29,67%, com uma média de $27,71 \pm 1,11\%$ para MO. Corg variou entre 15,37 e 16,63%, com uma média de $16,07 \pm 0,64\%$ (também solo orgânico pelo SiBCS, e também corroborado pela textura orgânica vista no campo).

Dentre todos os pontos analisados, P5, localizado na seção sul da vereda, foi o que apresentou os maiores teores de MO e Corg, que variaram entre 35,25 e 48,57%, com uma média de $40,47 \pm 7,11\%$, e entre 20,45 e 28,17%, com uma média de $23,47 \pm 4,12\%$, respectivamente (orgânico pelo SiBCS, e corroborado pela textura orgânica em campo). MM apresentou valores entre 51,43 e 64,75%, com uma média de $59,53 \pm 7,11\%$.

Observa-se, portanto, que há uma relação inversa entre o conteúdo mineral representado pelo atributo MM e o conteúdo orgânico representado pelos atributos MO e Corg. Quando os valores de MM são mais elevados, menores são os valores de MO e Corg, como pode ser visto em P1 e P3 (solos minerais). Ao contrário, quando os solos contêm um incremento maior de MO e Corg (solos orgânicos), menores são os valores de MM, como pode ser visto principalmente em P5, P2 e P6 (em ordem decrescente quanto ao conteúdo de MO e Corg).

Conteúdos elevados de Corg, e consequentemente de MO, podem estar relacionados a ambientes com um maior aporte de restos de vegetação, além de que também podem servir como indicadores de qualidade do ambiente. Ambientes mais preservados, sem qualquer tipo de alteração, propiciam um maior acúmulo de matéria orgânica, e então este constituinte tende a se manter mais preservado e estocado em um ambiente mais estável (ou seja, um ambiente mais conservado). Ao contrário, ambientes que tendem a ter alterações/perturbações, sejam naturais (fator clima, principalmente) e/ou antrópicos, propiciam a uma maior entrada de materiais minerais, que chegam por aporte atmosférico e/ou erosão (materiais que são

transportados de outros locais; origem alóctone), ou ainda transformações *in situ*, como foi verificado na vereda Primavera, em Bonfinópolis de Minas, onde um solo orgânico se transformou em mineral, a partir da abertura de um canal de drenagem há cerca de 20 anos (HORÁK-TERRA et al., 2022b).

P4, situado bem no centro da Mata de Galeria, é aparentemente o local da vereda mais preservado. No entanto, MO e Corg neste ponto não apresentaram valores tão elevados quanto os verificados em P5, P6 e P2. Possivelmente, tanto ambiente (muito hidromórfico, ambiente inundado durante todo o ano, mesmo nos períodos secos do ano) quanto tipo de vegetação (predomínio de arbóreas), estão intrinsecamente relacionados de modo a não propiciar uma elevada humificação da matéria orgânica (corroborados pelo baixo valor de Dmo), e, portanto, conferindo valores destes atributos não tão elevados.

Já P5, situado mais na borda da Mata de Galeria na seção meridional e próximo a áreas de pastagens, MO e Corg do solo neste ponto são muito mais elevados, e aqui pode estar relacionados além do fator preservação, mas também ao fator vegetação que se torna mais diferenciada (há aumento da contribuição de gramíneas e outras herbáceas, vegetação mais aberta) e possivelmente com maiores taxas de ciclagem, bem como fator ambiente (na borda a condição de hidromorfismo começa a se tornar restrita, com rebaixamento do lençol freático durante período seco, entre maio e outubro, acelerando o processo de decomposição/humificação).

Em P2, os conteúdos elevados de MO e Corg podem ser devidos também à condição de hidromorfismo, e associados à uma maior ciclagem da matéria orgânica devido ao tipo de vegetação presente.

5.1.3 Resíduo mínimo: índice de potencial de subsidência

Os valores de RM (Tabela 1), para a seção leste da vereda, variaram entre 0,66 e 0,98 m m^{-1} , com uma média de $0,82 \pm 0,16 \text{ m m}^{-1}$ em P1, enquanto em P2 os valores variaram entre 0,08 e 0,12 m m^{-1} , com uma média de $0,10 \pm 0,02 \text{ m m}^{-1}$. Na seção central da vereda, os valores de RM variaram de 0,40 e 0,47 m m^{-1} , com uma média de $0,44 \pm 0,04 \text{ m m}^{-1}$ para P3, e valores entre 0,20 e 0,24 m m^{-1} , com uma média de $0,23 \pm 0,02 \text{ m m}^{-1}$ para P4. Já nas seções sul P5 e norte P6, os valores de RM variaram entre 0,11 e 0,16 m m^{-1} , com uma média de $0,13 \pm 0,03 \text{ m m}^{-1}$, e entre 0,20 e 0,29 m m^{-1} , com uma média de $0,25 \pm 0,05 \text{ m m}^{-1}$, respectivamente.

O resíduo mínimo (RM) é um conceito também relacionado ao conteúdo de material mineral (se relacionam diretamente), e, por definição, está relacionado a perda (mineralização)

integral do material orgânico. De acordo com Lyn et al. (1974), RM representa uma estimativa da proporção entre a espessura residual e a original, e classicamente tem sido utilizado para avaliar o potencial máximo de subsidência em solo de natureza orgânica. Estudos, como o de Conceição et al. (1999b), tem mostrado que os valores de resíduo mínimo são reduzidos ao longo do processo de subsidência. Essa redução sugere uma relação inversamente proporcional entre o resíduo mínimo e o potencial de subsidência. Em outras palavras, quanto menor o valor de RM, maior é a suscetibilidade à subsidência, aumentando a probabilidade de o solo sofrer afundamentos e colapsos devido à perda de matéria orgânica ao longo do tempo.

Analisando os resultados da Tabela 1, pode-se observar diferenças estatisticamente significativas entre os perfis, indicando variações importantes nos atributos do solo. Nota-se que os pontos P2, P5, P4 e P6 demonstraram valores inferiores de resíduo mínimo (RM), sugerindo elevados teores de matéria orgânica (MO) e baixa densidade do solo (Ds). Esses achados corroboram com estudos anteriores conduzidos por Valladares (2003), que encontrou amostras com valores baixos de RM, variando entre 0,003 e 0,580 cm cm^{-1} , com média de 0,17 cm cm^{-1} , e associou esses valores a teores elevados de MO e baixa Ds. Por outro lado, os valores elevados de RM foram principalmente verificados em P1, seguido por P3, sugerindo uma maior Ds, além de apresentarem uma composição mineral do solo mais significativa e uma menor quantidade de matéria orgânica. Esses resultados indicam que os pontos P2, P5, P4 e P6 são mais susceptíveis à degradação por subsidência, devido a maior quantidade de matéria orgânica presente no solo e a baixa densidade, aumentando o potencial de afundamentos e colapsos. Segundo Ebeling et al. (2013) essa propriedade pode ser usada para a definição de áreas de Organossolos destinadas à preservação ambiental, por indicar a maior suscetibilidade à degradação por subsidência, portanto é recomendável que esses pontos sejam priorizados para a preservação ambiental, dada sua maior vulnerabilidade a processos de subsidência e potenciais impactos ambientais.

5.2 Condutividade Hidráulica, Sortividade e Índice de Repelência

Na seção leste da vereda, P1 apresentou valores de condutividade hidráulica que variaram entre 0,32 e 1,33 mm h^{-1} , com uma média de $0,70 \pm 0,55 \text{ mm h}^{-1}$ para o solo em condição saturado; entre 0,33 e 1,87 mm h^{-1} , com uma média de $0,88 \pm 0,86 \text{ mm h}^{-1}$, para o solo em condição não-saturado utilizando álcool; e entre 1,12 e 5,55 mm h^{-1} , com uma média de $3,34 \pm 3,13 \text{ mm h}^{-1}$ para o solo não-saturado utilizando água (Tabela 2). Ainda em P1, a sortividade à água (S_w) variou entre 0,4 e 1,2 $\text{mm s}^{-1/2}$, média de $0,8 \pm 0,6 \text{ mm s}^{-1/2}$; sortividade

ao etanol (Se) entre 1,2 e 2,3 mm s^{-1/2}, média de 1,8±0,6 mm s^{-1/2}; e índice de repelência (R) entre 3,74 e 8,78, média 6,26±3,56. Ainda na seção leste, P2 apresentou valores de condutividade hidráulica entre 0,18 e 0,41 mm h⁻¹, média de 0,26±0,13 mm h⁻¹, para o solo em condição saturado; entre 0,05 e 0,13 mm h⁻¹, média de 0,08±0,04 mm h⁻¹, para o solo em condição não-saturado utilizando álcool; e entre 0,07 e 0,37 mm h⁻¹, média de 0,22±0,21 mm h⁻¹, para solo não saturado utilizando água. Também, P2 apresentou Sw entre 6,2 e 7,4 mm s^{-1/2}, média 6,8±0,8 mm s^{-1/2}; Se entre 0,1 e 0,8 mm s^{-1/2}, média 1,5±1,8 mm s^{-1/2}; e, R, entre 0,25 e 0,92, com média de 0,59±0,47.

Tabela 2 - Resultados dos testes de condutividade hidráulica e velocidade de infiltração considerando o solo saturado e não saturado (utilizando álcool e água em solo seco) dos solos superficiais na vereda Nevada, Arinos (MG).

AMOSTRAS	A	SATURADO		SECO ÁLCOOL		SECO ÁGUA		R
		C1	K	Se	K	Sw	K	
		cm s ⁻¹	mm h ⁻¹	mm s ^{-1/2}	mm h ⁻¹	mm s ^{-1/2}	mm h ⁻¹	
Seção leste da vereda								
P1R1	3,91	4,97 x 10 ⁻⁵	0,46	1,8	0,33	0,4	1,12	8,78
P1R2	3,91	3,47 x 10 ⁻⁵	0,32	2,3	1,87	1,2	5,55	3,74
P1R3	3,91	14,5 x 10 ⁻⁵	1,33	1,2	0,43	-	-	-
Média		7,65 x 10 ^{-5A}	0,70 ^A	1,8 ^A	0,88 ^A	0,8 ^A	3,34 ^A	6,26 ^A
±DP		±5,98 x 10 ⁻⁵	±0,55	±0,6	±0,86	±0,6	±3,13	±3,56
P2R1	19,96	9,77 x 10 ⁻⁵	0,18	0,8	0,06	6,2	0,07	0,25
P2R2	19,96	11,2 x 10 ⁻⁵	0,20	3,5	0,13	7,4	0,37	0,92
P2R3	19,96	22,6 x 10 ⁻⁵	0,41	0,1	0,05	-	-	-
Média		1,45 x 10 ^{-5A}	0,26 ^A	1,5 ^A	0,08 ^A	6,8 ^A	0,22 ^A	0,59 ^A
±DP		±7,03 x 10 ⁻⁵	±0,13	±1,8	±0,04	±0,8	±0,21	±0,47
Seção central da vereda								
P3R1	8,71	11,9 x 10 ⁻⁵	0,49	-	-	-	-	-
P3R2	8,71	21,89 x 10 ⁻⁵	0,90	0,1	0,16	3,1	0,10	0,06
P3R3	8,71	19,45 x 10 ⁻⁵	0,80	4,5	0,26	1,1	0,30	7,98
Média		1,77 x 10 ^{-5A}	0,73 ^A	2,3 ^A	0,21 ^A	2,1 ^A	0,20 ^A	4,02 ^A
±DP		±5,21 x 10 ⁻⁵	±0,21	±3,1	±0,07	±1,4	±0,14	±5,60
P4R1	19,96	2,31 x 10 ⁻⁵	0,04	3,2	0,12	5,7	0,05	1,09
P4R2	19,96	0,47 x 10 ⁻⁵	0,01	1,0	0,06	1,3	0,02	1,50
P4R3	19,96	19,20 x 10 ⁻⁵	0,35	-	-	-	-	-
Média±DP		7,33 x 10 ^{-5A}	0,13 ^A	2,1 ^A	0,09 ^A	3,5 ^A	0,04 ^A	1,30 ^A
		±10,3 x 10 ⁻⁵	±0,19	±1,6	±0,04	±3,1	±0,02	±0,29
Seção sul da vereda								
P5R1	19,96	54,6 x 10 ⁻⁵	0,99	2,8	0,08	4,9	0,29	1,11
P5R2	19,96	4,92 x 10 ⁻⁵	0,09	1,4	0,06	3,8	0,08	0,72
P5R3	19,96	5,51 x 10 ⁻⁵	0,10	-	-	-	-	-
Média±DP		21,7 x 10 ^{-5A}	0,39 ^A	2,1 ^A	0,07 ^A	4,4 ^A	0,18 ^A	0,92 ^A
		±28,5 x 10 ⁻⁵	±0,51	±1,0	±0,01	±0,8	±0,14	±0,28
Seção norte da vereda								
P6R1	19,96	1,03 x 10 ⁻⁵	0,02	0,9	0,15	16,9	0,27	0,10
P6R2	19,96	29,9 x 10 ⁻⁵	0,54	1,0	0,06	6,7	0,17	0,29
P6R3	19,96	20,4 x 10 ⁻⁵	0,37	-	-	-	-	-
Média±DP		17,1 x 10 ^{-5A}	0,31 ^A	1,0 ^A	0,10 ^A	11,8 ^A	0,22 ^A	0,20 ^A
		±14,7 x 10 ⁻⁵	±0,27	±0,1	±0,06	±7,2	±0,07	±0,13

A: Relaciona os parâmetros de van Genuchten para um determinado tipo de solo com a taxa de sucção e o raio do disco do infiltrômetro C1: Inclinação da curva da infiltração cumulativa vs. a raiz quadrada do tempo. K: Condutividade hidráulica do solo. Se: Sortividade do etanol. Sw: Sortividade da água. R: Índice de Repelência. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

Na seção central da vereda, P3 apresentou valores de condutividade hidráulica que variaram entre 0,49 e 0,90 mm h⁻¹, média de 0,73±0,21 mm h⁻¹, para o solo em condição saturado; entre 0,16 e 0,26 mm h⁻¹, média de 0,21±0,07 mm h⁻¹, para o solo em condição não-saturado utilizando álcool; e entre 0,10 e 0,30 mm h⁻¹, média de 0,20±0,14 mm h⁻¹, para o solo em condição não saturado utilizando água. Se variou entre 0,1 e 4,5 mm s^{-1/2}, média de 2,3±3,1 mm s^{-1/2}; Sw entre 1,1 e 3,1 mm s^{-1/2}, média de 2,1±1,4 mm s^{-1/2}; e R entre 0,06 e 7,98, média 4,02±5,60. P4 apresentou valores de condutividade hidráulica entre 0,01 e 0,35 mm h⁻¹, média 0,13±0,19 mm h⁻¹, para solo saturado; entre 0,06 e 0,12 mm h⁻¹, média 0,09±0,04 mm h⁻¹, para não-saturado utilizando álcool; e entre 0,02 mm h⁻¹ e 0,05 mm h⁻¹, média 0,04±0,02 mm h⁻¹, não saturado utilizando água. Se em P4 é visto entre 1,0 e 3,2 mm s^{-1/2}, média de 2,1±1,6 mm s^{-1/2}; Sw entre 1,3 e 5,7 mm s^{-1/2}, média de 3,5±3,1 mm s^{-1/2}; e R entre 1,09 e 1,50, média 1,30±0,29.

Na seção sul da vereda, P5 apresentou valores de condutividade hidráulica entre 0,10 e 0,99 mm h⁻¹, com média 0,39±0,51 mm h⁻¹, para solo em condição saturada; entre 0,06 e 0,08 mm h⁻¹, com média 0,07±0,01 mm h⁻¹, para não-saturado utilizando álcool; e, entre 0,08 e 0,29 mm h⁻¹, com média 0,18±0,14 mm h⁻¹, condição não-saturada utilizando água. Os valores de Sw variaram entre 3,8 e 4,9 mm s^{-1/2}, média de 4,4±0,8 mm s^{-1/2}; Se entre 1,4 e 2,8 mm s^{-1/2}, média 2,1±1,0 mm s^{-1/2}; e R entre 0,72 e 1,11, com média 0,92±0,28.

Na seção norte, P6 apresentou valores de condutividade hidráulica entre 0,02 e 0,54 mm h⁻¹, com média de 0,31±0,27 mm h⁻¹, para o solo em condição saturada; entre 0,06 e 0,15 mm h⁻¹, com média de 0,10±0,06 mm h⁻¹, para condição não-saturada utilizando álcool; e entre 0,17 e 0,27 mm h⁻¹, com média de 0,22±0,07 mm h⁻¹, para condição não-saturada utilizando água. Sw variou entre 6,7 e 16,9 mm s^{-1/2}, com média de 11,8±7,2 mm s^{-1/2}; Se entre 0,9 e 1,0 mm s^{-1/2}, com média 1,0±0,1 mm s^{-1/2}; e R entre 0,10 e 0,29, com média 0,20±0,13.

Apesar das médias dos atributos físico-hídricos terem variado entre os pontos estudados (Tabela 2), estatisticamente não houveram diferenças. Isso ocorreu provavelmente devido ao baixo número de repetições obtidos para cada atributo analisado.

Os solos de P2, P4, P5 e P6 apresentaram valores de índice de repelência (R) abaixo de 1,95, sendo este o valor limiar hidrofóbico crítico para solo conforme estabelecido por Tillman et al. (1989). Consequentemente, conclui-se que, nos solos dos quatro pontos estudados, a repelência à água não exerceu um efeito drástico sobre a taxa de infiltração hídrica. Esse comportamento sugere uma maior capacidade de retenção de água nesses solos, bem como um maior teor de matéria orgânica e características texturais e estruturais favoráveis. No entanto, é

importante ressaltar que P2, P4, P5 e P6 não apresentaram uniformidade de valores em relação à repelência. A variação de R entre pontos pode estar relacionada as diferentes condições ambientais, composição mineralógica e distribuição da matéria orgânica nas seções da vereda.

Os maiores índices de repelência observados em P1 podem estar relacionados a baixa capacidade de retenção de água, característica de solos franco arenosos, que devido a sua estrutura porosa permite que a água infiltre rapidamente, mas, ao mesmo tempo, também facilita a drenagem rápida da água, resultando em menor retenção e maior probabilidade de repelência (DEBANO, 1981).

Elevados índices de repelência também observados em P3 (mas não tão elevados como vistos em P1) podem ser atribuídos também a textura do solo, aqui vista como siltosa; o elevado conteúdo de partículas minerais, com predomínio do silte, também confere elevada porosidade, aumentando a infiltração da água, menor retenção da mesma, e maior probabilidade de repelência (raciocínio semelhante visto em P1). No entanto, o fato de P3 conter mais MO (Tabela 1) que P1, a repelência pode também ser devida a presença de compostos hidrofóbicos sintetizados por microrganismos. A atividade microbiana promove a decomposição do material vegetal, o que contribui para o desenvolvimento da repelência à água em solos suscetíveis, especialmente em áreas de floresta nativa (OLORUNFEMI; FASINMIRIN, 2017).

Cabe destacar que esses solos, de P1 e P3, com maior conteúdo de material mineral, podem ter sido um dia mais orgânicos, e em via de processo de mineralização avançado devidos a fatores antrópicos e/ou naturais (maiores valores de RM, lembrando que este atributo indica potencial de subsidência), e com isso reduzindo o conteúdo de Corg ao longo do tempo.

5.3 Tempo de Penetração da Gota de Água (TPGA)

A Tabela 3 apresenta os resultados do tempo de penetração da gota de água (TPGA) em solos secos sob diferentes temperaturas (40, 105, 300 e 600° C) nos diferentes pontos de estudo, temperaturas essas que simulam temperaturas de incêndios, bem como as classificações de repelência à água.

Na seção leste da vereda, P1 exibiu tempos de penetração variando entre 0,37 e 1,06 segundos para solos secos a 40° C, com média de $0,65 \pm 0,36$ segundos (classe molhável). Sob temperaturas a 105° C, os tempos variaram entre 0,26 e 0,39 segundos, com média de $0,34 \pm 0,07$ segundos (também classe molhável). A 300° C os tempos variaram entre 22 e 32,2 segundos, com média de $28,07 \pm 5,37$ segundos, e passaram a classe de solo pouco hidrofóbico; portanto, a hidrofobicidade começou a se expressar a partir de 300° C em P1. E, quando submetido a 600° C, os valores oscilaram entre 0,26 e 0,50 segundos, com média de $0,39 \pm 0,12$ segundos,

retornando à condição de solo molhável. P2, também na seção leste, apresentou tempos de penetração variando entre 0,50 e 1,13 segundos para solos secos a 40° C, e média de $0,72 \pm 0,36$ segundos (classe molhável). A 105° C os tempos variaram entre 0,52 e 2,46 segundos, com média de $1,25 \pm 1,06$ segundos (classe molhável). A 300° C os tempos estiveram entre 20,4 e 51,6 segundos, com média de $38,73 \pm 16,3$ segundos; assim como visto em P1, aqui em P2 também a partir dessa temperatura o solo foi classificado como pouco hidrofóbico. Já a 600° C, os valores oscilaram entre 0,25 e 0,30 segundos, com média de $0,28 \pm 0,03$ segundos, e assim como também visto em P1, retornou à condição de solo molhável.

Tabela 3 - Classificação pelo TGPA em função das diferentes temperaturas (40, 105, 300 e 600° C) dos solos superficiais na vereda Nevada, Arinos (MG).

Am.	SOLO SECO NA ESTUFA A 40° C							SOLO SECO NA ESTUFA A 105° C							SOLO SECO NA MUFLA A 300° C							SOLO SECO NA MUFLA A 600° C										
	TPGA (s)							TPGA (s)							TPGA (s)							TPGA (s)										
	1	2	3	4	5	\bar{X}	C ¹	1	2	3	4	5	\bar{X}	C ¹	1	2	3	4	5	\bar{X}	C ¹	1	2	3	4	5	\bar{X}	C ¹				
Seção leste da vereda																																
P1R1	1,20	0,89	1,10	1,22	0,91	1,06	M	0,53	0,48	0,13	0,55	0,26	0,39	M	67	28	23	27	16	32,2	PH	0,51	0,26	0,46	0,5	0,78	0,50	M				
P1R2	0,38	0,80	0,52	0,53	0,36	0,52	M	0,27	0,91	0,2	0,29	0,2	0,37	M	20	25	23	50	32	30	PH	0,35	0,3	0,46	0,5	0,49	0,42	M				
P1R3	0,39	0,64	0,42	0,21	0,20	0,37	M	0,11	0,8	0,12	0,15	0,13	0,26	M	28	18	18	16	30	22	PH	0,33	0,17	0,24	0,28	0,27	0,26	M				
\bar{X}							0,65 ^B								0,34 ^B								28,07 ^B								0,39 ^B	
\pm DP							\pm 0,36								\pm 0,07								\pm 5,37								\pm 0,12	
P2R1	1,50	1,20	1,40	0,71	0,84	1,13	M	2,66	1,37	2,95	1,39	3,93	2,46	M	37	59	57	23	45	44,2	PH	0,27	0,28	0,25	0,3	0,39	0,30	M				
P2R2	0,70	0,39	0,47	0,29	0,63	0,50	M	0,54	0,49	0,59	0,37	0,6	0,52	M	25	76	61	60	36	51,6	PH	0,43	0,28	0,32	0,22	0,23	0,30	M				
P2R3	0,74	0,44	0,60	0,46	0,42	0,53	M	0,49	0,76	0,35	1,82	0,37	0,76	M	20	28	18	16	20	20,4	PH	0,24	0,19	0,3	0,26	0,25	0,25	M				
\bar{X}							0,72 ^B								1,25 ^B								38,73 ^B								0,28 ^B	
\pm DP							\pm 0,36								\pm 1,06								\pm 16,3								\pm 0,03	
Seção central da vereda																																
P3R1	1,43	1,91	1,46	0,98	0,83	1,32	M	1,46	1,3	1,14	1,75	1,26	1,38	M	73	29	84	97	82	73	MH	0,46	1,61	1,45	1,55	1,4	1,29	M				
P3R2	1,53	0,91	0,96	0,88	0,68	0,99	M	0,99	0,97	0,54	0,58	0,55	0,73	M	125	147	97	66	74	101,8	MH	2,56	1,76	3,45	1,87	1,65	2,26	M				
P3R3	1,59	1,34	1,87	1,48	1,40	1,54	M	0,57	0,86	1,17	1,88	1,02	1,1	M	106	145	123	110	218	140,4	MH	2,63	4,1	2,99	2,17	3,65	3,11	M				
\bar{X}							1,28 ^B								1,07 ^B								105,07 ^B								2,22 ^A	
\pm DP							\pm 0,28								\pm 0,33								\pm 33,82								\pm 0,91	
P4R1	1,26	0,74	0,77	1,33	1,26	1,07	M	0,92	0,96	0,99	0,51	0,58	0,79	M	63	60	85	50	141	79,8	MH	1,4	1,63	1,45	1,16	1,47	1,42	M				
P4R2	1,07	0,98	1,36	0,88	0,83	1,02	M	3,16	0,61	3,96	10,78	2,62	4,23	M	16	19	73	66	79	50,6	PH	0,57	0,65	0,98	0,65	0,96	0,76	M				
P4R3	0,64	0,57	0,23	0,61	0,70	0,55	M	0,99	0,59	1,2	1,59	1,32	1,14	M	276	207	259	85	148	195	MH	1,52	1,35	1,12	0,89	1,3	1,24	M				
\bar{X}							0,88 ^B								2,05 ^B								108,47 ^B								1,14 ^{AB}	
\pm DP							\pm 0,29								\pm 1,89								\pm 76,35								\pm 0,34	
Seção sul da vereda																																
P5R1	1,88	1,99	1,54	1,87	2,12	1,88	M	2725	3035	2840	2955	3415	2994	SH	140	250	346	415	5940	1418,2	SH	0,86	0,44	0,41	0,42	0,2	0,47	M				
P5R2	2,82	2,53	3,17	1,62	4,06	2,84	M	7740	5460	8100	7860	7210	7274	SH	13200	11100	13020	12600	11940	12372	EH	0,3	0,87	1,19	0,85	0,72	0,79	M				
P5R3	2,91	4,56	3,62	2,79	3,74	3,52	M	7140	5460	118	7203	4500	4884,2	SH	12960	11040	12900	12840	8640	11676	EH	0,4	0,32	0,29	0,2	0,27	0,30	M				

\bar{X}																										2,75 ^A																										5 050,73 ^A																										8 488,73 ^A																										0,52 ^B
$\pm DP$																										$\pm 0,82$																										$\pm 2144,85$																										$\pm 6133,14$																										$\pm 0,25$
Seção norte da vereda																																																																																																								
P6R1	1,30	0,92	1,16	1,29	1,09	1,15	M	3,89	2,54	3,99	2,48	3,67	3,31	M	101	52	109	140	134	107,20	MH	0,61	0,45	0,36	0,6	0,52	0,51	M																																																																												
P6R2	1,69	0,79	1,38	1,53	1,31	1,34	M	19,75	23,2	1,6	4,46	11,71	12,14	PH	78	108	70	76	94	85,20	MH	0,62	0,65	0,32	0,62	0,49	0,54	M																																																																												
P6R3	1,81	1,68	1,40	1,49	1,48	1,57	M	4,02	4,99	2,51	2,17	2,93	3,32	M	66	68	101	314	1231	356,00	MH	0,41	0,3	0,22	0,28	0,29	0,30	M																																																																												
\bar{X}																										1,35 ^B																										6,26 ^B																										182,80 ^B																										0,45 ^B
$\pm DP$																										$\pm 0,21$																										$\pm 5,1$																										$\pm 150,4$																										$\pm 0,13$

¹Classificação realizada conforme o valor médio do tempo de penetração de cinco gotas de água, de acordo com a escala de Bisdom et al. (1993). M: Molhável. PH: Pouco Hidrofóbico. MH: Muito Hidrofóbico. SH: Severamente Hidrofóbico. EH: Extremamente Hidrofóbico. TPGA: Tempo de penetração da gota de água. Am.: Amostras. \bar{X} : Média. DP: Desvio Padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2023.

Na seção central da vereda, o ponto P3 apresentou tempos de penetração para solos secos a 40° C entre 0,99 e 1,54 segundos, com média de $1,28 \pm 0,28$ segundos (classe molhável). Sob 105° C os tempos variaram entre 0,73 e 1,38 segundos, com média de $1,07 \pm 0,33$ segundos (classe molhável). A 300° C os tempos variaram entre 73 e 140,4 segundos, com média de $105,07 \pm 33,82$ segundos, classificando-o como um solo muito hidrofóbico. Quando submetido a 600° C, os valores oscilaram entre 1,29 e 3,11 segundos, com média de $2,22 \pm 0,91$ segundos, retornando à condição de solo molhável. Já em P4, também na seção central, os tempos de penetração para solos secos a 40° C variou entre 0,55 e 1,07 segundos, com média de $0,88 \pm 0,29$ segundos (classe molhável). Sob 105° C os tempos variaram entre 0,79 e 4,23 segundos, com média de $2,05 \pm 1,89$ segundos (classe molhável). A 300° C os tempos variaram entre 50,6 e 195 segundos, com média de $108,47 \pm 76,35$ segundos, classificando-o de maneira geral como um solo muito hidrofóbico, assim como foi visto em P3 para essa mesma temperatura. Quando a 600° C, os valores oscilaram entre 0,76 e 1,42 segundos, com média de $1,14 \pm 0,34$ segundos, retornando à condição de solo molhável.

Na seção sul da vereda, solo seco a 40° C no ponto P5 apresentou tempos de penetração entre 1,88 e 3,52 segundos, com média de $2,75 \pm 0,82$ segundos (classe molhável). Sob secagem a 105° C, os tempos variaram entre 2994 e 7274 segundos, com média de $5050,73 \pm 2144,85$ segundos, e diferentemente dos solos dos outros pontos já vistos, a partir dessa temperatura o solo se expressou como severamente hidrofóbico. A 300° C, os tempos estiveram entre 11676 e 1418,2 segundos, com média de $8488,73 \pm 6133,14$ segundos, e o solo foi classificado como extremamente hidrofóbico. A 600° C, os valores entre 0,30 e 0,79 segundos, com média de $0,52 \pm 0,25$ segundos, o solo retornou à condição de solo molhável.

Por fim, na seção norte, P6 apresentou tempos de penetração a 40° C entre 1,34 e 1,57 segundos, com média de $1,35 \pm 0,21$ segundos (classe molhável). A 105° C os tempos variaram entre 3,31 e 12,14 segundos, com média de $6,26 \pm 5,1$ segundos (classe molhável). Sob 300° C os tempos variaram entre 85,20 e 356 segundos, com média de $182,80 \pm 150,4$ segundos, caracterizando-o como solo muito hidrofóbico. Quando submetido a 600° C, os valores oscilaram entre 0,30 e 0,54 segundos, com média de $0,45 \pm 0,13$ segundos, retornando à condição de solo molhável.

Na seção leste da vereda, os pontos P1 e P2 apresentaram comportamentos semelhantes em relação à repelência à água. Ambos os pontos demonstraram uma transição de estado molhável para pouco hidrofóbico sob 300° C, mesmo P1 classificado como solo mineral e P2 como solo orgânico.

Já na seção central da vereda, ambos P3 e P4 exibiram aumento da repelência quando comparado aos pontos anteriores, principalmente a partir de 300° C, para classe muito hidrofóbica. Isso pode ser atribuído a diferenças nas propriedades físico-químicas, lembrando que os solos nesses dois pontos são orgânicos, e possivelmente podem ter influência da qualidade deste constituinte. Vegetação em P3 e P4 é caracterizada por Mata de Galeria, com predomínio de arbóreas e um maior quantitativo de material lenhoso.

Já na seção sul da vereda, representada por P5, observou-se uma acentuada repelência à água, indicada pela classificação severamente hidrofóbico a 105° C. A exposição do solo a 300° C resultou ainda mais no aumento da hidrofobicidade, classificando-o como extremamente hidrofóbico. Sendo assim, é o ponto estudado com o solo mais hidrofóbico. Esse comportamento indica que o solo em P5 é altamente sensível as temperaturas, desenvolvendo uma repelência à água mais intensa com o aumento da temperatura. P5 se situa na borda da Mata de Galeria, com mistura de vegetação arbórea e lenhosa desta fitofisionomia com vegetação mais herbácea de campo (pasto).

Na seção norte, o comportamento visto em P6 é muito semelhante aos verificados em P3 e P4, com tendência de aumento na repelência à água com o aumento da temperatura, transitando de molhável a muito hidrofóbico a 300° C. Os pontos mais próximos de P6, de fato são P3 e P4, e então estão sob as influencias dos mesmos fatores que desencadeiam a hidrofobicidade. Se de fato o principal fator é a qualidade da matéria orgânica, e então relacionados ao tipo vegetação, faz completamente sentido já que P6 também tem domínio da Mata de Galeria.

De maneira geral, verificou-se que o aumento da temperatura até determinada temperatura (no geral, até 300° C) em todos os pontos, alterações físicas temporárias foram desencadeadas nos solos estudados, afetando sua hidrofobicidade. No entanto, temperaturas mais elevadas (600° C) resultaram na reversão dessas alterações, retornando o solo ao estado de repelência à água inicial. Esse fenômeno pode ser corroborado por estudos anteriores realizados por De Bano et al. (1970) e Savage (1974), que também destacaram a influência do aquecimento na hidrofobicidade do solo. De acordo com esses pesquisadores, o fogo pode induzir a hidrofobicidade em solos inicialmente hidrofílicos e pode aumentar ou reduzir a hidrofobicidade em solos já hidrofóbicos, dependendo das condições específicas do ambiente.

6 CONCLUSÕES

Com base nas análises e resultados obtidos, é possível aceitar a hipótese inicial de que os solos da vereda no Noroeste de Minas Gerais apresentam níveis significativos de hidrofobicidade. Os achados deste estudo revelaram variações substanciais nos atributos físicos, químicos e hídricos dos solos entre os diferentes pontos da vereda, corroborando a influência notória de múltiplos fatores ambientais e antrópicos na gênese e evolução desses solos.

Especificamente, os valores de resíduo mínimo (RM) demonstraram ser indicadores relevantes para avaliar o potencial de subsidência em organossolos. Pontos como P2, P5, P4 e P6, que exibiram menores valores de RM, evidenciaram elevados teores de matéria orgânica e baixa densidade do solo, o que implica uma maior susceptibilidade dessas áreas à degradação por subsidência. Portanto, levando em consideração as implicações ambientais desses resultados, a preservação desses solos deve ser priorizada. Essas áreas demandam atenção especial para prevenir danos ambientais e salvaguardar o ecossistema local.

Adicionalmente, a pesquisa confirmou a presença de hidrofobicidade nos solos, especialmente à medida que o conteúdo de carbono orgânico foi reduzido e com o aumento da temperatura simulando incêndios. Composição mineral e textura do solo também se mostraram influentes na hidrofobicidade, com maior expressividade em solos ricos em partículas minerais. Contudo, é relevante destacar que essa hidrofobicidade revelou-se temporária, revertendo-se em temperaturas superiores a 600° C.

A relevância científica deste estudo é inegável. Além de contribuir substancialmente para o conhecimento dos solos de vereda, os resultados fornecem bases sólidas para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável dessas áreas, com o objetivo de preservar os recursos naturais e promover a sustentabilidade ambiental. Embora esta pesquisa represente uma contribuição significativa, recomenda-se a continuação dos estudos, ampliando a amostragem e empregando diferentes abordagens, como investigações aprofundadas sobre a matéria orgânica.

Em síntese, os resultados alcançados corroboram a hipótese inicial e oferecem uma compreensão aprofundada da dinâmica dos solos de vereda. A interconexão entre os diversos fatores ambientais e antrópicos na evolução desses solos é agora mais clara, bem como os potenciais impactos da hidrofobicidade na retenção de água, nos ciclos biogeoquímicos e na regulação hídrica local.

REFERÊNCIAS

- ALCAÑIZ, M. et al. Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v. 613-614, p.944-957, fev. 2018.
- ANDRADE, C. de L. T de; JÚNIOR, J. C. F. B.; COUTO, L. Características Físico-Hídricas e Dinâmica de Água no Solo. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. *Uso e manejo de irrigação*. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2008. p.71-143.
- ANDRIESSE, J.P., 1988. *Nature and Management of Tropical Peat Soils*, 59 ed. Food and Agriculture Organization, Rome.
- ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A.; SILVA, E.B.; LIMA, J.R.S.; NETTO, A.M.; LIRA, C.A.B.O. Utilização do Método Inverso para a Caracterização Hidrodinâmica de um Neossolo Flúvico. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 9, p.81-87, n.3, 2004.
- ARAÚJO, G. M. et al. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. *Brazilian Journal of Botany*, v. 25, p. 475–493, 1 dez. 2002.
- BALDOCK, J. A., & Skjemstad, J. O. (2000). Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry*, 31(7-8), 697-710.
- BONANOMI, G. et al. Unimodal pattern of soil hydrophobicity along an altitudinal gradient encompassing Mediterranean, temperate, and alpine ecosystems. *Plant and Soil*, v. 409, n. 1-2, p. 37–47, 20 ago. 2016.
- BRADY, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall.
- BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (*Pinussylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). *Geoderma*, Amsterdam, v. 126, n. 3-4, p. 317-336, 2005.
- CIPRIANO-SILVA, Rafael et al. Caracterização de Organossolos em ambientes de várzea do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 1, 2014.

- CONCEICAO, M. DA et al. Estudo comparativo de métodos de determinação do teor de matéria orgânica em Organossolos. www.infoteca.cnptia.embrapa.br, 1999.
- COUTO, L.; SANS, L. M. A. Características Físico-Hídricas e Disponibilidade de Água no Solo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 8 p. (Circular técnica 21).
- DE ARAÚJO, K. V. et al. Anthropogenic interventions change the soil properties of savanna palm swamps (veredas) from Central Brazil. *Geoderma Regional*, v. 33, p. e00644, 1 jun. 2023.
- DE JONGE, L. W.; JACOBSEN, O. H.; MOLDRUP, P. Soil Water Repellency: Effects of Water Content, Temperature, and Particle Size. *Soil Science Society of America Journal*, v. 63, n. 3, p. 437–442, maio 1999.
- DEBANO, L. F. Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*, v. 231-232, p. 4–32, maio 2000.
- DEBANO, L. F. Water repellent soils: a state-of-the-art. 1981.
- DEBANO, L. F., NEARY, D. G., FFLLIOTT, P. F. Fire effects on ecosystems. [s.l.]: John Wiley & Sons, 1998. 333p.
- DEKKER, L. W. et al. Water Repellency and Critical Soil Water Content in a Dune Sand. *Soil Science Society of America Journal*, v. 65, n. 6, p. 1667–1674, nov. 2001.
- DEKKER, L. W.; RITSEMA, C. J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency. *Water Resources Research*, v. 30, n. 9, p. 2507–2517, set. 1994.
- DEKKER, L.W.; JUNGRIUS, P. .Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. *Catena Supplement*, 18, pp. 173-183, 1990.
- DOERR, S. H. et al. Effects of heating and post-heating equilibration times on soil water repellency. *Soil Research*, v. 43, n. 3, p. 261, 2005.

DOERR, S. H. et al. Water repellence of soils: new insights and emerging research needs. *Hydrological Processes*, v. 21, n. 17, p. 2223–2228, 2007.

DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A.; WALSH, R. P. D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, v. 51, n. 1-4, p. 33–65, ago. 2000.

DUNN, P. H., DEBANO, L. F. Fire's effect on biological and chemical properties of chaparral soils. In: MOONEY, H., CONRAD, C. E. *Symposium of the environmental consequences of fire and fuel management in Mediterranean ecosystems*. Washington office: USDA Forest service, p.75-84, 1977.

EBELING, A. G. et al. Atributos físicos e matéria orgânica de organossolos háplicos em distintos ambientes no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 763–774, 1 jun. 2013.

ELLERBROCK, R. H. et al. Composition of Organic Matter Fractions for Explaining Wettability of Three Forest Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 69, n. 1, p. 57–57, 1 jan. 2005.

FUNATURA Fundação Pró-Natureza, 2003. *Plano de Manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas*. FUNATURA, Brasília.

GONZÁLEZ-PEÑALOZA, F. A. et al. Do conservative agriculture practices increase soil water repellency? A case study in citrus-cropped soils. *Soil and Tillage Research*, v. 124, p. 233–239, ago. 2012.

HALLETT, P. D. A brief overview of the causes, impacts and amelioration of soil water repellency – a Review. *Soil & Water Research, Slezská*, v. 3, n. 1, p. 21-29, 2008.

HANSEL, F. A. et al. Comparison of two alkaline treatments in the extraction of organic compounds associated with water repellency in soil under *Pinus taeda*. *Geoderma*, v. 148, n. 2, p. 167–172, 15 dez. 2008.

HORÁK-TERRA, I. et al. Soil characterization and drainage effects in a savanna palm swamp (vereda) of an agricultural area from Central Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 46, p. e0210065, 30 mar. 2022.

HORÁK-TERRA, I. et al. Soil processes and properties related to the genesis and evolution of a Pleistocene savanna palm swamp (vereda) in central Brazil. *Geoderma*, v. 410, p. 115671, 15 mar. 2022.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM), 2014. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Urucuia - SF8: Relatório Final. Volume I A Diagnóstico da Bacia Hidrográfica SF8. IGAM: Belo Horizonte.

JACKSON, M. L., Bartels, J. M., & Kimble, J. M. (2000). *Pedology: Pedogenesis and Soil Taxonomy*. Iowa State Press.

JORDÁN, A. et al. Soil water repellency: Origin, assessment and geomorphological consequences. *CATENA*, v. 108, p. 1–5, set. 2013.

JUNK, P. et al. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável.

KÖHNE, J. M.; JÚNIOR, J. A.; KÖHNE, S.; TIEMEYER, B.; LENNARTZ, B.; KRUSE, J. Double-ring and tension infiltrometer measurements of hydraulic conductivity and mobile soil regions. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 3, Set. 2011.

LETEY, J., & Stites, R. G. (1977). Water-repellent soils: a state-of-the-art. *Soil Science Society of America Journal*, 41(5), 938-947.

LETEY, J., 1969. Measurement of contact angle, water drop penetration time, and critical surface tensions. *Proceedings of a Symposium on Water Repellant Soils*. 43-47.

LICHNER, L. et al. Field measurement of soil water repellency and its impact on water flow under different vegetation. *Biologia*, v. 62, n. 5, 1 jan. 2007.

LYNN, W. C.; MC, W. E.; GROSSMAN, R. B. Field Laboratory Tests for Characterization of Histosols. p. 11–20, 26 out. 2015.

MACDONALD, L. H.; HUFFMAN, E. L. Post-fire Soil Water Repellency. Soil Science Society of America Journal, v. 68, n. 5, p. 1729, 2004.

MADSEN, M.D. et al. Soil water repellency within a burned pinon–juniper woodland: spatial distribution, severity, and ecohydrologic implications. Soil Science Society of America, p. 1543–1553, 2011.

MARQUES, J. D. de O.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; JÚNIOR, O. F. C.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturado utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. Acta Amaz., Manaus, v. 38, n. 2, 2008.

MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; JORDÁN-LÓPEZ, A. Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. CATENA, v. 76, n. 3, p. 215–223, mar. 2009.

MATAIX-SOLERA, J. et al. Fire effects on soil aggregation: A review. Earth-science Reviews, [s.l.], v. 109, n. 1-2, p.44-60, nov. 2011. Elsevier BV.

MATAIX-SOLERA, J. et al. Water repellency under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. Hydrological Processes, v. 21, n. 17, p. 2300–2309, 2007.

MCGHIE, D.; POSNER, A. Water repellence of a heavy textured Western Australian surface soil. Soil Research, v. 18, n. 3, p. 309, 1980.

MOURÃO, M.A.A., SIMÕES, E.J.M., SOARES, A., BRITO, R.M.D.A., 2001. Caracterização hidrogeológica do município de Arinos. CPRM; COMIG, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB: Belo Horizonte.

MÜLLER, K. et al. Temporal dynamics of soil water repellency and its impact on pasture productivity. Agricultural Water Management, v. 143, p. 82–92, set. 2014.

OLORUNFEMI, I. E.; FASINMIRIN, J. T. Land use management effects on soil hydrophobicity and hydraulic properties in Ekiti State, forest vegetative zone of Nigeria. *Catena* 155. p. 170–182. 2017.

QUADROS, F.L.F., MATAIX-SOLERA, J., 2012. Soil hydro-physical changes in Repelencia al agua en suelos: con énfasis en Andisoles de Antioquia. JDF Jaramillo - Univ. Nacional Colombia sede Medellín, 2004.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. (Ed.).

ALMEIDA, S. P. de. (Ed.); RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008a. p. 153-212.

ROBERTS, F.; CARBON, B. Water repellence in sandy soils of South-Western Australia. II. Some chemical characteristics of the hydrophobic skins. *Soil Research*, v. 10, n. 1, p. 35, 1972.

ROBICHAUD, P.R.; HUNGERFORD, R.D. Water repellency by laboratory burning of four northern Rocky Mountain forest soils. *Journal Of Hydrology*, [s.l.], v. 231-232, p.207-219, maio 2000. Elsevier BV.

RUNDEL, P. W. Impact of Fire on Nutrient Cycles in Mediterranean-Type Ecosystems with Reference to Chaparral. *Mediterranean-type Ecosystems*, [s.l.], p.192-207, 1983. Springer Berlin Heidelberg.

SANTOS HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2018.

SCHAUMANN, G. E. et al. Influence of biofilms on the water repellency of urban soil samples. *Hydrological Processes*, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2276-2284, 2007.

SCOTT, D. F. Soil wettability in forested catchments in South Africa: as measured by different methods and as affected by vegetation cover and soil characteristics. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 231, n. 1, p. 87-104, 2000.

STEVENSON, F.J. Soil lipids. Humus Chemistry, Wiley, pp. 172-194, 1982.

TILLMAN, R.W. et al. Water-repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. Australian Journal of Soil Research, 27, p. 637-644, 1989.

VOGELMANN, E. S. et al. Can occurrence of soil hydrophobicity promote the increase of aggregates stability? CATENA, v. 110, p. 24–31, nov. 2013.

VOGELMANN, E. S. et al. Soil hydro-physical changes in natural grassland of southern Brazil subjected to burning management. Soil Research, v. 50, n. 6, p. 465–472, 18 set. 2012.

VOGELMANN, E. S. et al. Threshold water content beyond which hydrophobic soils become hydrophilic: The role of soil texture and organic matter content. Geoderma, v. 209-210, p. 177–187, nov. 2013.

VOGELMANN, E. S. et al. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul, Brazil. Soil and Tillage Research, v. 110, n. 1, p. 126–133, 1 set. 2010.

VOGELMANN, E. S. et al. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul, Brazil. Soil and Tillage Research, v. 110, n. 1, p. 126–133, 1 set. 2010.

VOGELMANN, E.S., REICHERT, J.M., PREVEDELLO, J., BARROS, C.A.P.,
WOCHE, S. K.; et al. Contact angle of soils as affected by depth texture and land management. European Journal of Soil Science, Oxford, v. 56, n. 3, p. 239-251, apr. 2005.

WOCHE, S. K.; et al. Contact angle of soils as affected by depth texture and land management. European Journal of Soil Science, Oxford, v. 56, n. 3, p. 239-251, apr. 2005.

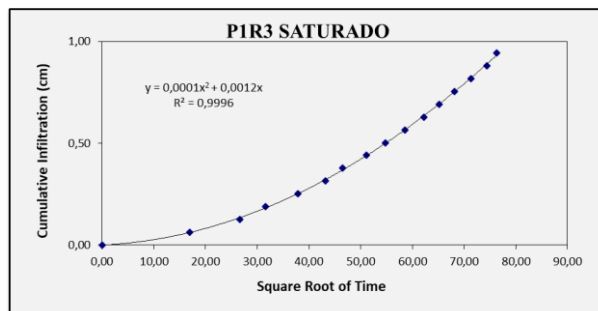
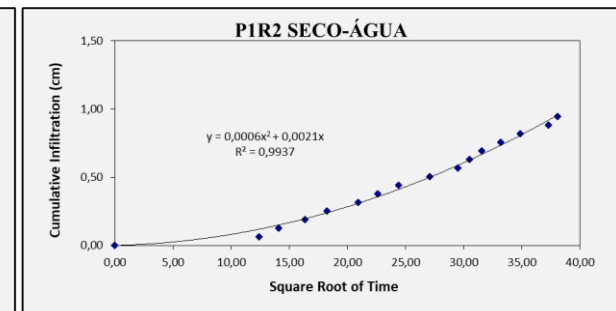
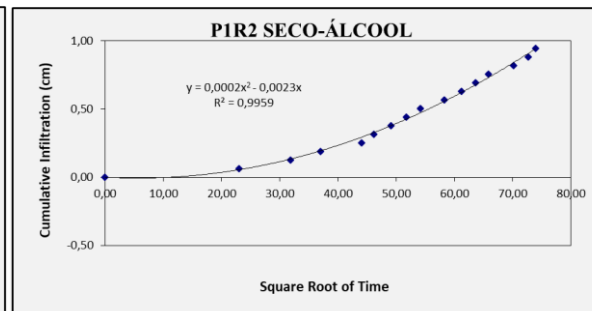
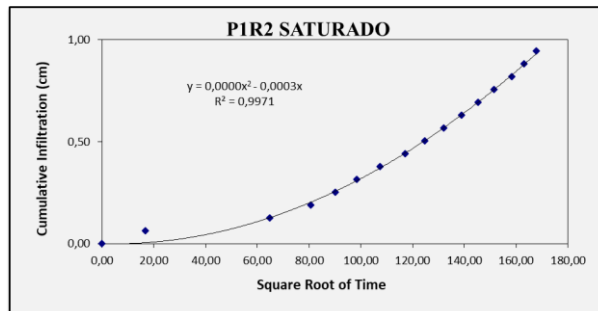
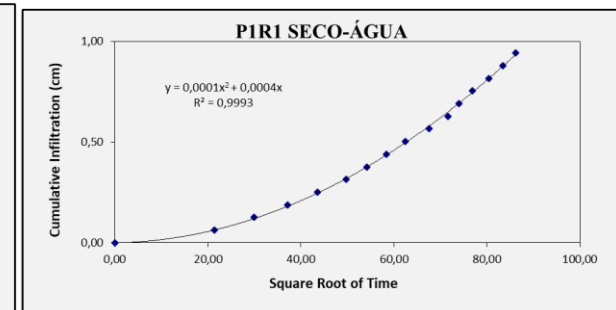
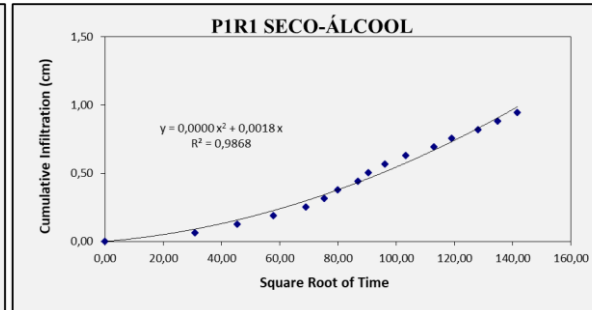
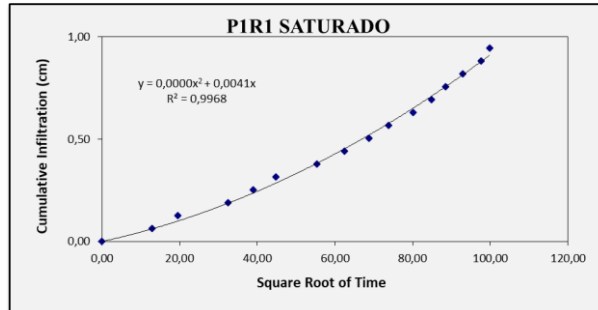
ZAPATA COACALLA, T. Estimativa de propriedades hidráulicas de solos a partir do ensaio de ascensão capilar.

ZAVALA, L. M. et al. Natural soil water repellency in different types of Mediterranean woodlands. Geoderma, v. 226-227, p. 170–178, ago. 2014.

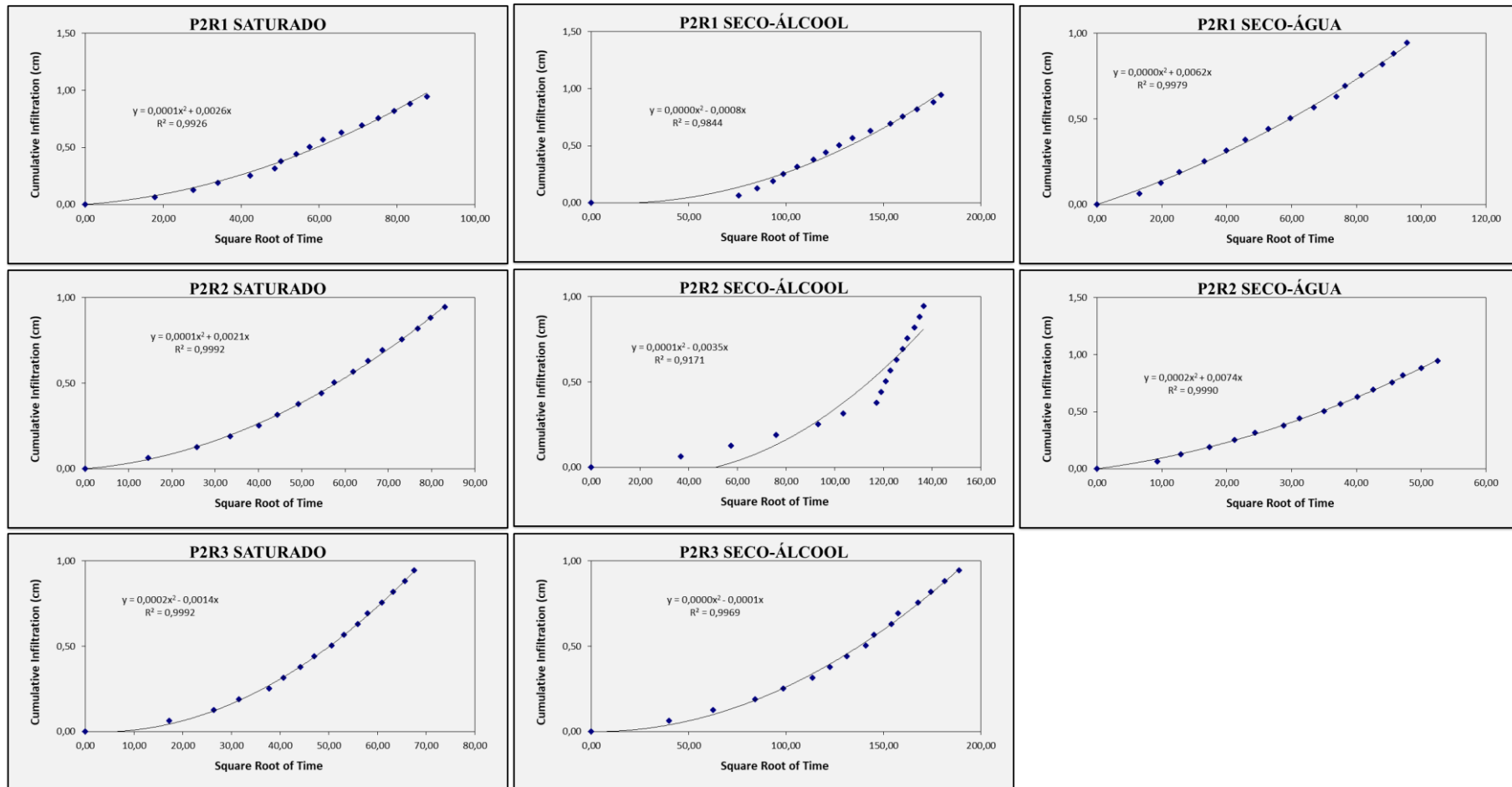
ZHANG, R. Infiltration models for the disk infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, p. 1597 - 1603, 1997.

ANEXO A

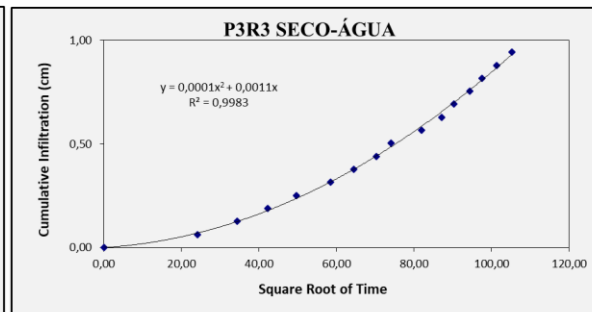
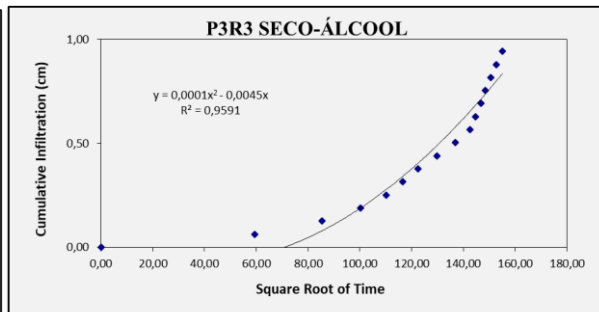
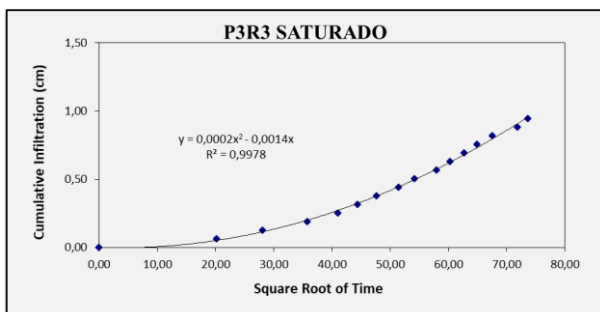
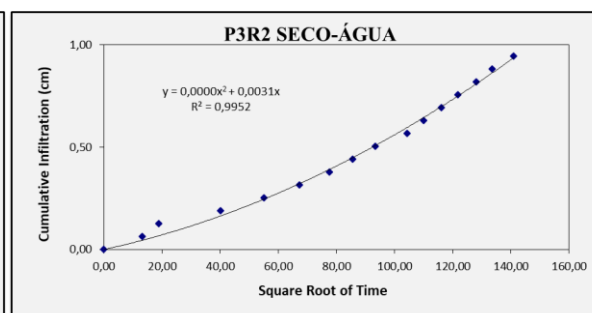
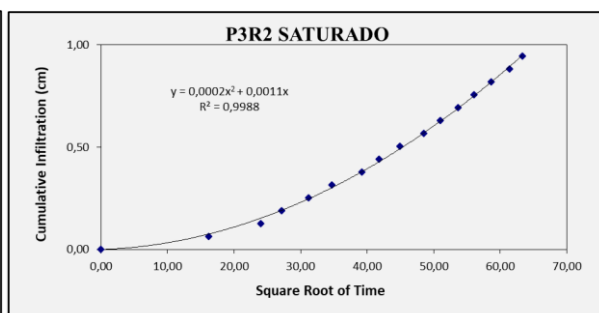
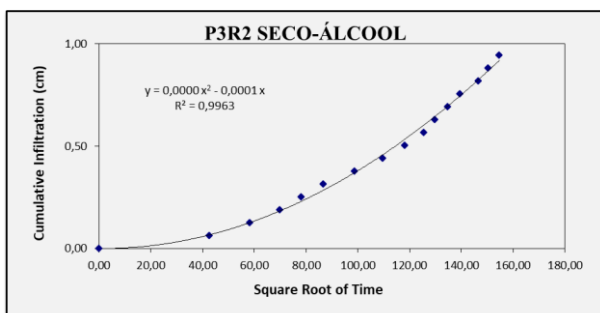
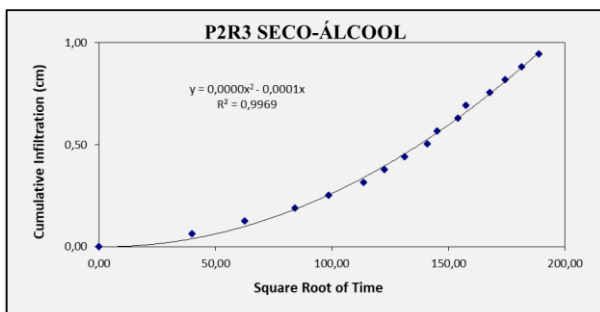
Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 1, e nas duas condições de umidade (saturada e não saturada).



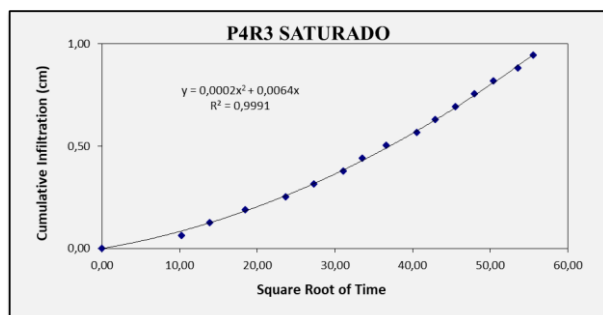
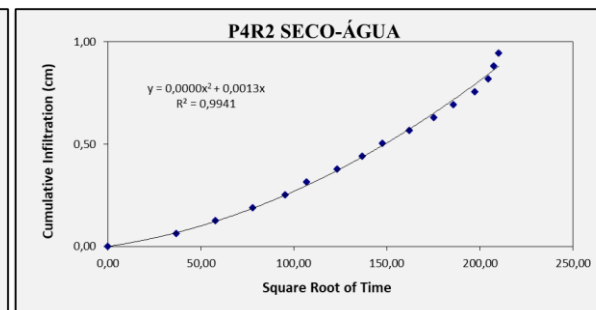
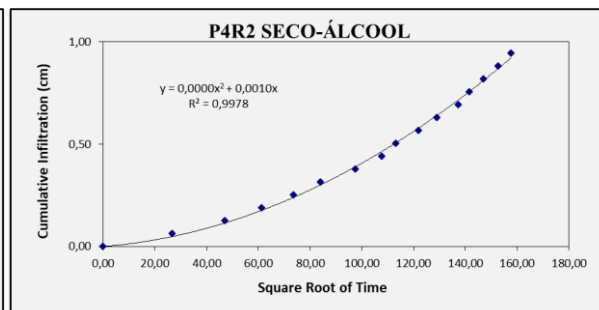
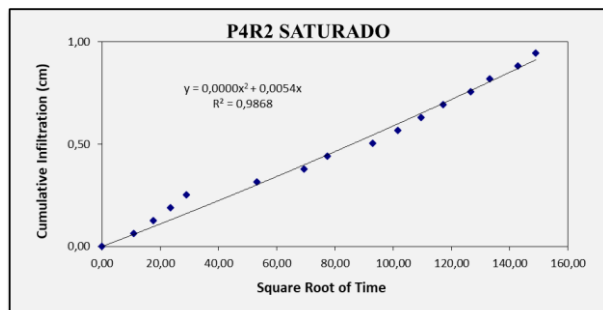
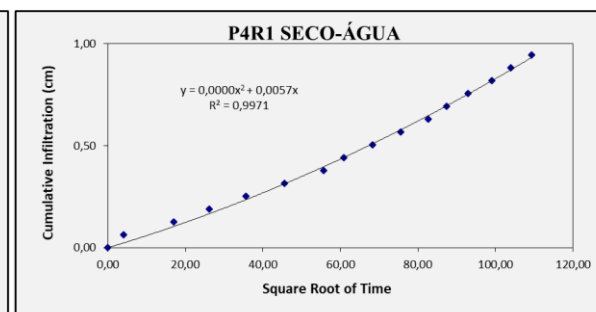
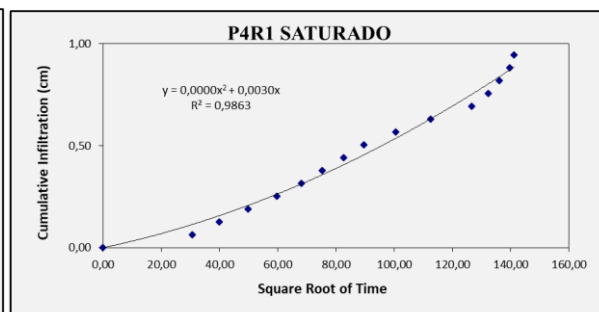
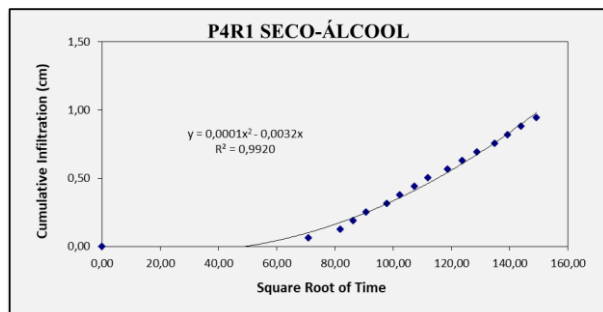
Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 2, e nas duas condições de umidade (saturada e não saturada).



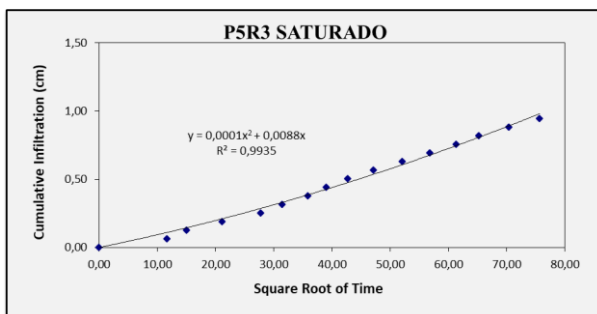
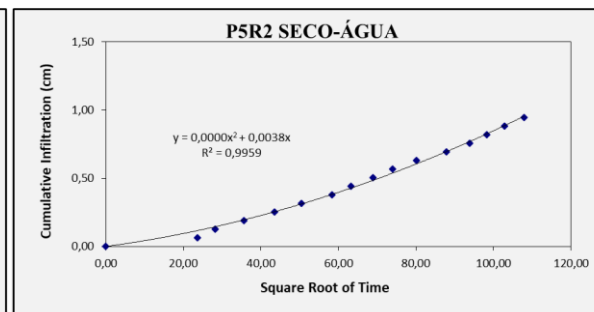
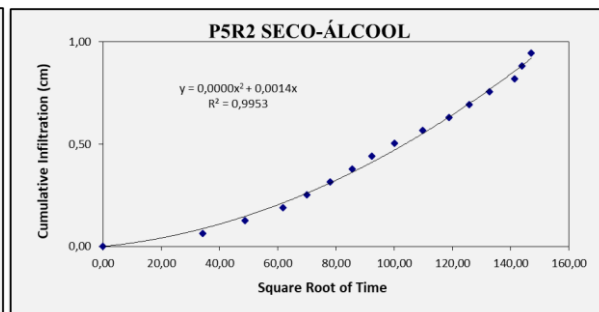
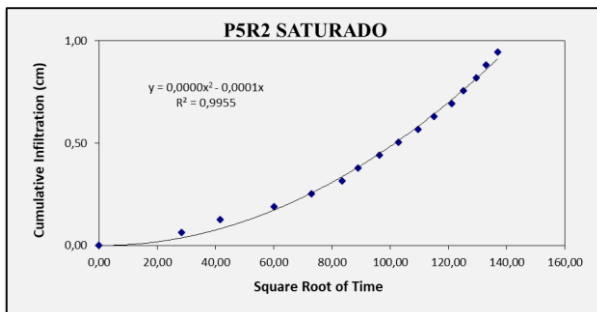
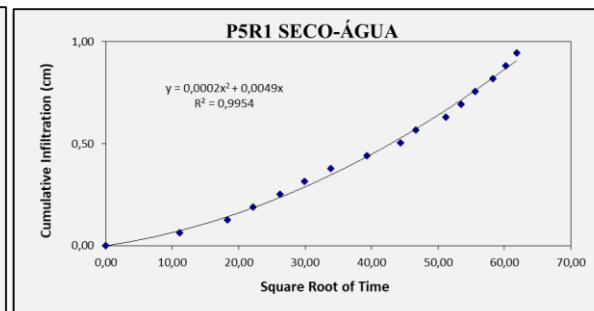
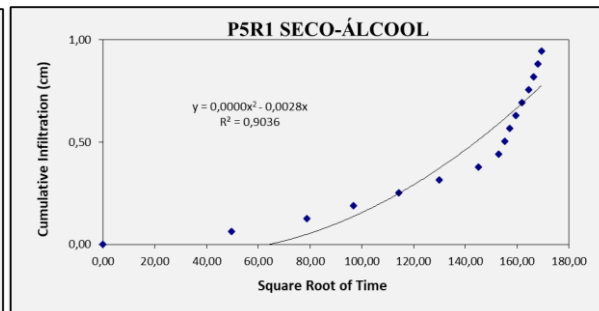
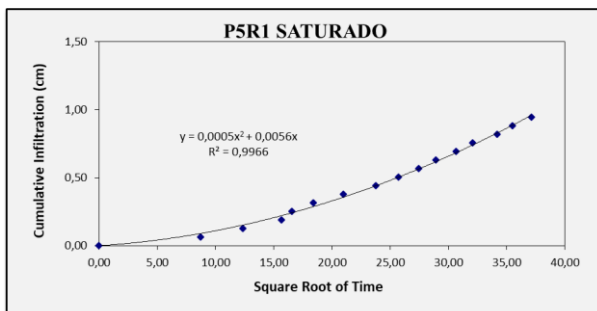
Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 3, e nas duas condições de umidade (saturada e não saturada).



Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 4, e nas duas condições de umidade (saturada e não saturada).



Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 5, e nas duas condições (saturada e não saturada).



Gráficos de infiltração acumulada pela raiz quadrada do tempo para as três repetições do Ponto 6, e nas duas condições (saturada e não saturada).

