
Influence of depth on soil physical and water parameters

Influência da profundidade nos parâmetros físico e hídricos do solo

Received: 21-07-2024 | Accepted: 25-08-2024 | Published: 31-08-2024

Gustavo de Melo Bezerra Frazão

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1227-8517>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: gustavofrazae.20190003420@uemasul.edu.br

Cristiane Matos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6416-4413>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: Cristiane.silva@uemasul.edu.br

Jonathan dos Santos Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

Wilson Araújo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4549-6815>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

ABSTRACT

Soils are made up of mineral and organic particles from the decomposition of rocks, animals and plants, distributed in surface and sub-surface layers over the years. Among the predominant classes in Brazil are the RED-YELLOW ARGISSOLS. To further understand the physical and hydric characteristics of this soil in the Tocantina Region of Maranhão and how this can affect crop development, the parameters of moisture, volumetric moisture, density, particle density, porosity and infiltration velocity were analysed at different depths (0-5; 5-10; 10-15; and 15-20 cm) at two different points. The experimental design adopted was entirely randomised, with 5 replications. The results indicated differences in most of the parameters, especially at point 2, highlighting the influence of vegetation cover and anthropogenic pressure on soil properties.

Keywords: Soil physics; Agronomy; Soil science.

RESUMO

Os solos são formados por partículas minerais e orgânicas provenientes da decomposição das rochas, animais e vegetais, distribuídas em camadas superficiais e sub superficiais ao longo de anos. Entre as classes predominantes no território brasileiro, temos os ARGISSOLOS VERMELHO-Amarelo. Visando entender ainda mais as características físico-hídricas desse solo na Região Tocantina do Maranhão e como isso pode afetar no desenvolvimento das culturas, foram analisados os parâmetros de umidade, umidade volumétrica, densidade, densidade de partículas, porosidade e velocidade de infiltração em diferentes profundidades (0-5; 5-10; 10-15; e 15-20 cm) de dois pontos distintos. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com 5 repetições. Os resultados indicaram diferenças na maioria dos parâmetros, principalmente no ponto 2, destacando a influência da cobertura vegetal e pressão antrópica nas propriedades do solo.

Palavras-chave: Física do solo; Agronomia; Ciência do solo.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos 100 anos observa-se que a agricultura brasileira passou por grandes mudanças no que diz respeito a desenvolvimento, o que permitiu a obtenção de aumentos relevantes na produtividade de um bom número de culturas diferentes presentes em nossas áreas, algo que se nota com ainda mais destaque durante as últimas três décadas. De acordo com informações da FAO, cada tonelada de fertilizante mineral aplicada em um hectare, seguindo princípios que maximizam sua eficácia, é comparável à produção de quatro novos hectares sem adubação. Isso ressalta a estreita relação entre a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, que são indissociáveis (LOPES et al., 2007).

Um dos fatores que mais influenciam nesse desenvolvimento, principalmente quando se fala no aumento da produtividade agrícola do país, destacam-se também as pesquisas feitas em fertilidade do solo e as inovações que ocorreram tanto no âmbito científico, quanto no tecnológico, que acabaram por permitir um uso eficiente de corretivos e fertilizantes na agricultura brasileira com intuito de corrigir possíveis deficiências no solo (LOPES et al., 2007). Em geral, melhorar as propriedades naturais do solo, que podem restringir o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, junto com uma adequada fertilização para fornecer nutrientes, pode resultar em um aumento de até 50% na produtividade (BERNARDI et al., 2015).

Os solos são resultados de um processo lento e gradual realizado pela natureza ao longo dos anos. Na sua formação, temos partículas minerais, que é o caso principalmente das rochas, e as partículas orgânicas, que vão assim sendo conduzidas para as camadas superficiais e mais profundas que formam o solo, os chamados horizontes. Esses

processos ocorrem pelo fato dos fenômenos naturais, tais como a ação da chuva, do vento, do calor, do frio e de organismos (fungos, bactérias, minhocas, formigas e cupins) que vão assim auxiliar na degradabilidade, mesmo que demorada, destas partículas no relevo da terra (BRITO, 2015).

Da perspectiva agronômica, é possível caracterizar o solo por meio de sua classe pedológica, análises de perfis, propriedades físicas e fertilidade. Além disso, em estudos e planejamento de irrigação, o solo pode ser categorizado conforme sua adequação para a prática de irrigação. Por exemplo, para se realizar o manejo da irrigação, é essencial que se tenha conhecimento de algumas das propriedades físico-hídricas dos solos (COUTO, 2022).

Entre as classes de solos que estão mais presentes em território nacional, temos os ARGISSOLOS VERMELHO-Amarelo (PVA) (GONÇALVES et al., 2021), que são solos que se originam do Grupo Barreiras em áreas de rochas cristalinas ou que são influenciados por elas. Estes solos apresentam uma camada de acumulação de argila conhecida como B textural (Bt), que exibe tons vermelho-amarelados que se dá devido à presença de uma combinação de óxidos de ferro, como hematita e goethita. (SONIA et al., 2021).

São solos caracterizado de profundos a muito profundos, bem estruturados e drenados, tendo nele a predominância do horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente, sendo que sua composição textural é tida principalmente como média/argilosa, podendo também apresentar em menor frequência a textura média/média e média/muito argilosa. Demonstram também baixa a muito baixa fertilidade natural, com reação fortemente ácida e argilas de atividade baixa, havendo necessidade de utilização de corretivos e fertilizantes para seu melhor aproveitamento. Esse fato observa-se por exemplo nos Tabuleiros Costeiros, somada também à necessidade do uso de matéria orgânica, principalmente nos que demonstram textura arenosa (BATISTA et al., 2021).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos tem sua concentração voltada principalmente em áreas que há presença de culturas como a cana-de-açúcar, mandioca e inhame, fruticultura, ou alguma pastagem plantada (SONIA et al., 2021).

Portanto, levando em consideração a grande concentração e importância destes solos para a Região Tocantina do Maranhão, o presente trabalho visou estudar e analisar as características físicas e hídricas do mesmo em diferentes profundidades, além de

estudar como a cobertura vegetal e a pressão antrópica presente na área, influenciaram nessas características físico-hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área do campo experimental do Centro de Ciências Agrárias da UEMASUL, localizada no município de Imperatriz, MA, conforme mostrado na Figura 1. O solo da área é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Amarelo, com declividade média variando entre 5% e 10%. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (tropical quente e seco), com temperaturas mínimas de 24°C e máximas de 28°C. A região apresenta dois períodos climáticos bem definidos: um chuvoso, de janeiro a junho, com médias mensais superiores a 180,8 mm, e outro seco, de julho a dezembro, com precipitação total anual em torno de 1.718,7 mm.

Figura 1- Localização da área experimental do Centro de Ciências Agrárias da UEMASUL.

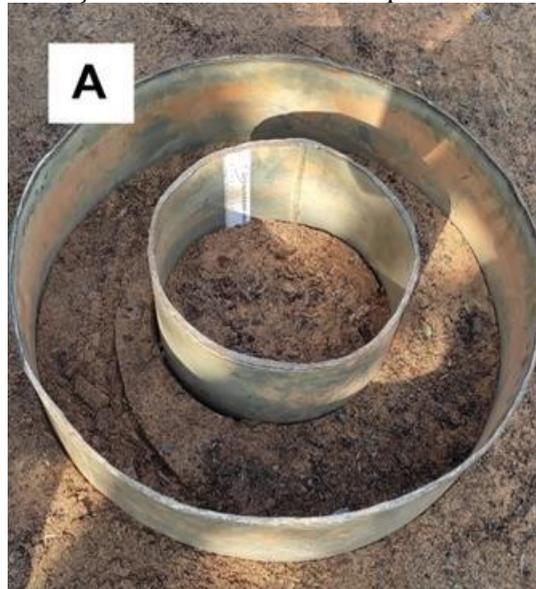


Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada a campo utilizando o método do infiltrômetro de anel duplo, conforme ilustrado na Figura 2. O teste foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Bernardo, Soares e Mantovani (2006). O método emprega dois anéis concêntricos, com diâmetros de 25 cm e 50 cm, ambos com 30 cm de altura, que foram cravados no solo até uma profundidade de 15 cm com o auxílio de uma

marreta. Após a instalação, o anel interno foi revestido com plástico, e em seguida foi preenchido com água. O plástico foi removido, e a água foi simultaneamente adicionada ao anel externo. As medições da variação da altura da água no anel interno foram realizadas com uma régua graduada.

Figura 2- Instalação do Infiltrômetro de duplo anel na área estudada



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Manteve-se uma lâmina de água média de 4 a 5 cm nos anéis interno e externo, sendo que o anel externo minimizou a dispersão lateral da água. As três primeiras leituras foram realizadas a cada minuto, e as subseqüentes a cada 5 e 10 minutos, até o final do teste, que durou no mínimo 60 minutos por ensaio. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições para a determinação da infiltração de água no solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância utilizando o software SISVAR.

Para a caracterização físico-hídrica do solo, além da determinação da taxa de infiltração, foram coletadas amostras para análises de umidade gravimétrica, umidade volumétrica, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total. As amostras foram coletadas em dois pontos aleatórios da área experimental, em diferentes profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm), totalizando 4 tratamentos com 5 repetições cada.

As amostras de solo foram coletadas com anéis volumétricos para determinar a umidade inicial e, em seguida, levadas ao Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH/CCA/UEMASUL) para análise, seguindo o protocolo da EMBRAPA

(1997). As amostras ao chegarem do campo foram pesadas para verificar a massa úmida, secas em estufa a 108°C por 24 horas, e então pesadas novamente para determinar a massa seca.

A umidade do solo foi calculada em termos de Umidade com base em massa (U_p) e Umidade volumétrica (U_v), de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente (MANTOVANI et al., 2006).

$$U_p = \frac{\text{Umidade volumétrica}}{\text{densidade do solo}} \quad \text{Eq.1}$$

$$U_v = \frac{\text{Volume de água}}{\text{Volume do solo}} \quad \text{Eq.2}$$

A densidade do solo (ρ_s) foi determinada pela relação entre a massa do solo seco e o volume do solo (Equação 3). A densidade de partículas (ρ_{ps}), ou densidade real do solo, foi obtida pela razão entre a massa de solo seco e o volume das partículas sólidas (Equação 4). Por fim, a porosidade total (ρ) foi calculada como a relação entre o volume de poros e o volume total do solo (Equação 5).

$$\rho_s = \frac{\text{Massa de solo seco}}{\text{Volume do solo}} \quad \text{Eq.3}$$

$$\rho_{ps} = \frac{\text{Massa de solo seco}}{\text{Volume das partículas sólidas}} \quad \text{Eq.4}$$

$$\rho = \frac{\text{Volume de poros}}{\text{Volume do solo}} \quad \text{Eq.5}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos no teste de infiltração realizado com o auxílio do infiltrômetro, a capacidade de infiltração do solo foi baixa, indicando dificuldades na absorção adequada de água. O valor de infiltração básico (V_{ib}) registrado foi de 0,0015 m.min⁻¹ ou 90 mm.h⁻¹, um índice típico de solos arenosos, como observado no horizonte A, onde o teste foi realizado.

Bernardo et al. (2005) classifica o tipo de solo de acordo com a sua velocidade de infiltração básica (VIB), sendo que solos com VIB acima de 30 mm.h⁻¹, são classificados como solos de VIB muito alta. Esse valor está de acordo com as características do

horizonte A dos ARGISSOLOS VERMELHO-Amarelos, uma vez que, durante a sua formação a argila é translocada para os horizontes subsuperficiais, contribuindo para a formação de horizonte B textural.

A equação de infiltração acumulada de água no solo (I), do tipo potencial, modelo Kostiakov ($i = a.T^n$), determinada após o teste de infiltração está apresentada na Equação 5, abaixo:

$$I = 0,02311 \cdot T^{0,046874} \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

I = infiltração acumulada da água no solo (L); a

= constante dependente do solo;

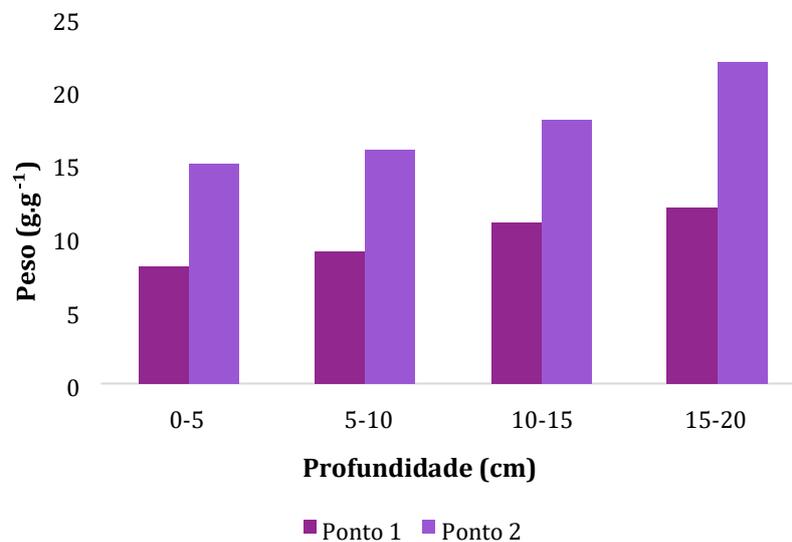
T = tempo de infiltração (h);

n = constante dependente do solo, variando entre 0 e 1.

Esse tipo de equação descreve bem a infiltração do solo em períodos curtos, períodos estes, comuns na aplicação de lâminas de água médias e pequenas, comuns em pequenos e médios projetos de irrigação (BERNARDO et al., 2005).

Com relação às características físicas estudadas, ao analisar os resultados, observou-se que os parâmetros de umidade com base em massa, umidade volumétrica, densidade e porosidade não houve diferenças significativas entre as profundidades estudadas no Ponto 1, com exceção da densidade de partículas e densidade. Porém, no ponto 2, houve diferenças significativas em quase todos os parâmetros.

Figura 3- Umidade com base em massa do solo em função de diferentes profundidades nos pontos estudados.



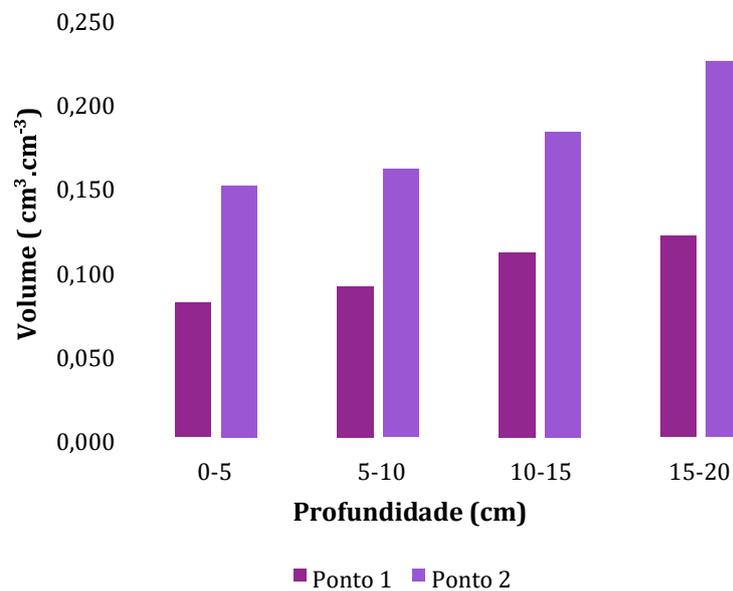
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Conforme observado na Figura 3, houve variação na umidade com base em massa em função da profundidade do solo. No ponto 2 os valores apresentados foram maiores do que no ponto 1, provavelmente devido a cobertura vegetal mais abundante no ponto 2 que contribuiu para minimizar as perdas de água por evaporação, se comparado ao solo do ponto 1, onde a cobertura foi retirada devido à pressão antrópica.

A presença de cobertura do solo por resíduos vegetais é fundamental para dissipar a energia de impacto das gotas de chuva na superfície do solo, mantendo a umidade e reduzindo as perdas de água, conforme destacado por Panachuki *et al.* (2011).

Com relação à umidade volumétrica, apresentada na Figura 4, o mesmo comportamento foi observado, ou seja, o ponto 2 por apresentar uma cobertura vegetal maior apresentou maiores valores de umidade, comparado com o ponto 1, demonstrando a importância da cobertura do solo na manutenção da umidade para as plantas.

Figura 4- Umidade em função do volume em diferentes tipos de profundidades do solo em dois pontos.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

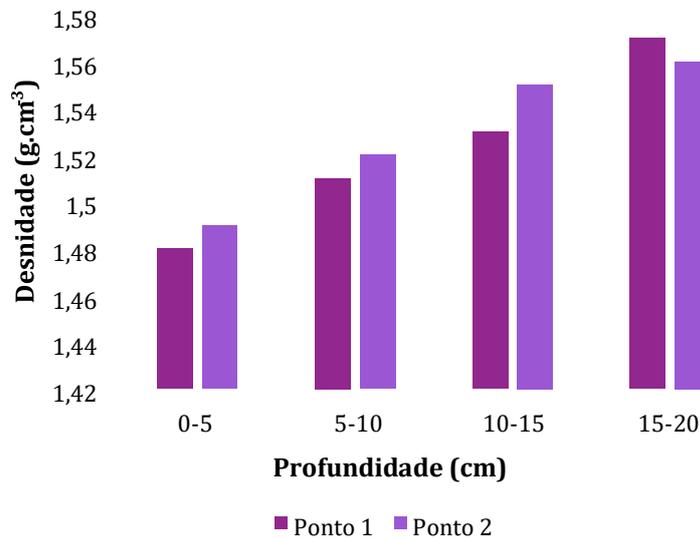
Esses resultados provavelmente ocorreram devido à redução da incidência direta da radiação solar no solo, minimizando assim a evaporação da água do solo. Isso pode resultar em uma maior retenção de umidade no solo sob vegetação densa comparado a áreas expostas. A presença das raízes também contribui para isso, uma vez que, aumentam a matéria orgânica em profundidade, contribuindo para maior retenção de água no solo.

Essa cobertura do solo, proporcionada pela vegetação, desempenha um papel importante no controle da erosão hídrica. Os resíduos na superfície do solo protegem-no do impacto direto da chuva, visto que dissipam a força dos pingos de chuva, reduzindo o desprendimento das partículas do solo e, conseqüentemente, mantendo taxas de infiltração de água favoráveis e diminuindo o transporte de partículas superficiais. Além disso, a presença de resíduos orgânicos na superfície do solo ajuda a reduzir a evaporação e a temperatura do solo, promovendo uma maior infiltração de água e diminuindo o escoamento superficial (COSTA et al., 2013).

A análise da densidade de partículas (Figura 5) em diferentes profundidades do solo revelou variações significativas nos pontos 1 e 2, que podem ser reflexo de processos complexos e influências variadas ao longo do perfil do solo. Foi observado que os valores das médias obtidas nesse parâmetro aumentaram de acordo com as diferentes

profundidades, com as camadas mais profundas obtendo valores maiores, com destaque para o ponto 2, já que ainda havia vegetação no presente local.

Figura 5- Densidade de partículas do solo em diferentes profundidades.

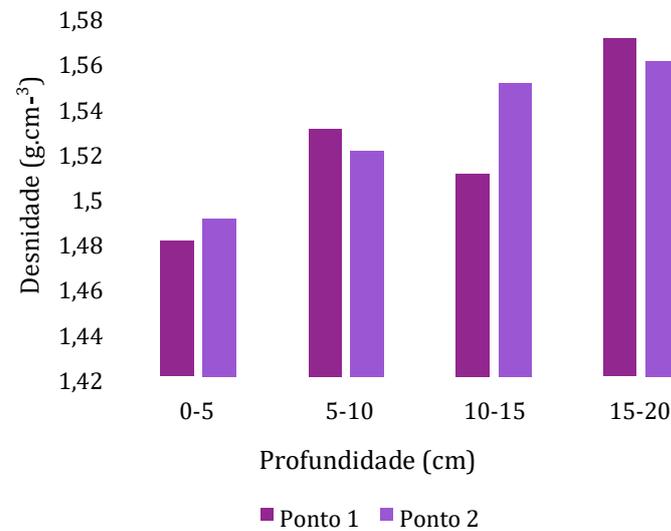


Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Para explicar esses resultados, deve-se considerar a composição de matéria orgânica presente no solo, pois, geralmente, diminui com a profundidade, devido à decomposição mais lenta e à menor entrada de resíduos orgânicos. Como ela tende a aumentar o espaço poroso e afetar a estrutura do solo, presença de matéria orgânica pode reduzir, portanto, a densidade de partículas ali presente.

A matéria orgânica apresenta estreita relação com a densidade de partículas solo, apresentando efeito marcante sobre esse parâmetro do solo, visto que em profundidades maiores a tendência é que a densidade de partículas seja menor em comparação às profundidades mais superficiais, justamente em razão de possuir maiores teores de matéria orgânica. Portanto, a simples presença da matéria orgânica é suficiente para reduzir os valores da densidade de partículas (COSTA, 2022).

Ao analisar a densidade do solo (Figura 6) em diferentes profundidades e condições, constatou-se que houve diferença significativa entre os valores observados tanto no ponto 1, quanto no ponto 2, sendo que no primeiro observou-se uma leve oscilação no tratamento 3.

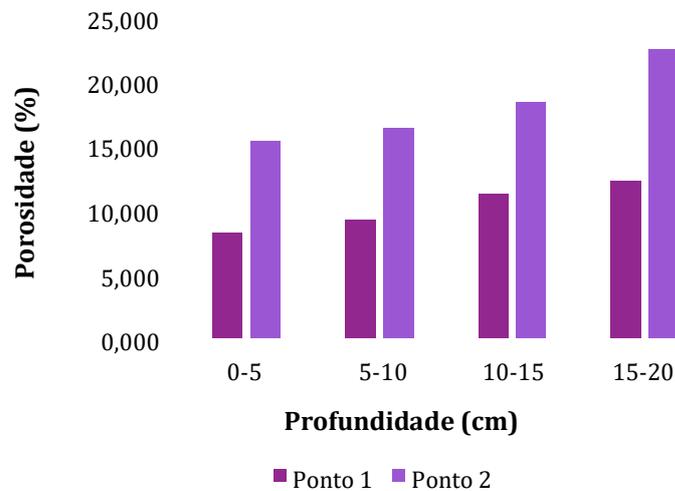
Figura 6- Densidade do solo em diferentes profundidades.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024)

Este resultado sugere que outros fatores, como composição mineralógica ou processos relacionados a formação e evolução desse solo (clima ou microrganismos), podem estar exercendo uma influência semelhante sobre a densidade do solo ao longo das profundidades analisadas.

A densidade possui estreita relação com os teores de matéria orgânica presente no solo, visto que o efeito agregante desses resíduos contribuem para afetar a porosidade, e consequentemente a densidade do solo (COSTA, 2022). Outras, mas não menos importantes causas que contribuem para o aumento da densidade são escolha de técnicas inadequadas de manejo, o uso de maquinários muito pesados e o pisoteio humano contínuo, ocasionando na compactação do solo, prejudicando assim o desenvolvimento das culturas, principalmente quando falamos do crescimento radicular.

Analisando o parâmetro da porosidade (Figura 7) e seus resultados, não foi observado diferença significativa no 1º ponto, inverso ao que ocorreu no ponto 2. Podemos utilizar a mesma explicação dada no diagnóstico da densidade de partículas, no qual a presença de vegetação e consequentemente matéria orgânica no ponto 2, permitiu valores maiores de porosidade. A presença de raízes que se decompõem e a entrada gradual de matéria orgânica ao longo do tempo podem aumentar a porosidade em profundidades maiores.

Figura 7- Porosidade total do solo em diferentes profundidades.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Já para explicar o fato de não ter tido diferenças significativas no ponto 1, podemos citar o fato de que ele fez parte de uma região da área experimental que no passado sofreu com ação antrópica, ou seja, já teve atividade humana, promovendo assim aumento dos níveis de compactação e consequentemente redução dos espaços porosos daquela parcela de solo, prejudicando assim as taxas de infiltração, trazendo aparência de um solo seco e pobre em nutrientes.

As alterações causadas por esse revolvimento do solo impactam de forma direta na sua estrutura e na distribuição dos tamanhos dos poros, além do teor de carbono orgânico, o que, por sua vez, modifica as forças de retenção de água e sua disponibilidade, prejudicando assim o desenvolvimento de plantas, principalmente em sistemas não irrigados. Além das práticas de manejo, a granulometria e a composição do solo também desempenham um papel crucial na retenção de água. Isso ocorre porque as forças de adsorção estão diretamente relacionadas à espessura do filme de água que envolve as partículas, variando de acordo com a superfície específica dessas partículas (SILVA et al., 2005).

Assim, quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos ali presentes no solo, maior a cobertura da sua superfície e maior a proteção da estrutura do solo contra perturbações naturais e antropogênicas.

CONCLUSÃO

Considerando a metodologia adotada nesse estudo e as características dos pontos amostrados, foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

A profundidade do solo influenciou na maioria dos parâmetros físicos estudados, principalmente no ponto 2;

A cobertura vegetal, presente no ponto 2, contribuiu para aumento da umidade do solo em profundidade;

A velocidade infiltração básica da água no solo foi de 90 mm.h⁻¹ permitindo classificá-lo como um solo de VIB muito alta.

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, A. D. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. **Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo**. 2015
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.
- COUTO, L.; SANS, L. M. A. Características Físico-Hídricas e Disponibilidade de Água no Solo, Embrapa Milho e Sorgo - **Circular Técnica 21**, 2002.
- COSTA, M. P. D. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2022.
- GONÇALVES, H.; JOSÉ, M.; DE PAULA, E. Solos tropicais. **ARGISSOLOS VERMELHO Amarelos**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-deinformacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-dosibcs/argissolos/argissolos-vermelho-amarelos>>. Acesso em: 28 maio 2024.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1-64, 2007.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 8ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I., ALVES, S. T.; OLIVEIRA, P. T. S. D.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em LATOSSOLO VERMELHO sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, p. 1777-1786, 2011.

SILVA, M. A. S. D.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, p. 544-552, 2005.

SÔNIA, M.; BATISTA, M. Território mata sul pernambucana. **ARGISSOLOS VERMELHO-Amarelos**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-matasul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/argissolosvermelho-amarelos>>. Acesso em: 18 maio 2024.