

TEMPERATURA DO SOLO EM DIFERENTES CAMADAS EM LATOSSOLO NO TRIÂNGULO MINEIRO

Júlio César Neves dos Santos¹, Rodrigo de Sousa Rodrigues², Cláudio Rezende Mendonça Filho², Cleene Agostinho de Lima³, Marcos Paulo Lima Rezende², Guilherme Nascimento Buiati²

RESUMO: O crescimento da população mundial tem provocado um aumento constante na demanda por alimentos e energia, o que exige maior produtividade na agricultura. No entanto, a produção e a produtividade do agronegócio estão diretamente relacionadas ao comportamento de variáveis meteorológicas, como temperatura, precipitação, umidade do ar e do solo, entre outras. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a variação da temperatura do solo em diferentes profundidades ao longo de dois anos, em um latossolo sem cobertura vegetal no Triângulo Mineiro. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Sobradinho, localizada no município de Uberlândia (MG). As temperaturas do solo foram mensuradas nas profundidades de 5, 20 e 50 cm, juntamente com variáveis meteorológicas, por meio de uma estação automática que registrava dados a cada cinco minutos. Foram analisados os dados referentes à temperatura do solo, temperatura do ar e radiação nos anos de 2020 e 2021. Os resultados indicaram que os comportamentos térmicos do solo nos dois anos foram bastante semelhantes. Observou-se ainda que os padrões térmicos do solo variam conforme as estações do ano, com maiores amplitudes nos meses quentes (verão e primavera) e menor entrada de energia nos meses frios (outono e inverno). A análise diária evidenciou que há defasagens nos picos térmicos entre as profundidades, refletindo o tempo de propagação do calor. O estudo reforça a importância do monitoramento térmico do solo para o manejo agrícola, visto que a temperatura influencia diretamente na germinação, crescimento radicular, absorção de água e nutrientes pelas plantas.

PALAVRAS-CHAVE: condução térmica, radiação solar, profundidade do solo.

¹ Prof. Doutor em Eng. Agrícola, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, IFTM-Campus Uberlândia-MG, e-mail: juliosantos@iftm.edu.br

² Discente de Agronomia, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, IFTM-Campus Uberlândia-MG.

³ Profa. Doutora em Eng. Agrícola, Centro Universitário do Triângulo, UNITRI-Campus Uberlândia-MG.

SOIL TEMPERATURE AT DIFFERENT DEPTHS IN A LATOSOL IN THE TRIÂNGULO MINEIRO REGION

ABSTRACT: The growth of the global population has led to a continuous increase in the demand for food and energy, requiring higher agricultural productivity. However, agricultural production and productivity are directly influenced by meteorological variables such as temperature, precipitation, air and soil humidity, among others. In this context, the present study aimed to analyze soil temperature variation at different depths over a two-year period in a bare latosol in the Triângulo Mineiro region. The research was conducted at Sobradinho Farm, located in the municipality of Uberlândia (MG), Brazil. Soil temperatures were measured at depths of 5, 20, and 50 cm, along with meteorological variables, using an automatic weather station that recorded data every five minutes. Data on soil temperature, air temperature, and solar radiation were analyzed for the years 2020 and 2021. The results showed that the thermal behavior of the soil was quite similar in both years. It was also observed that soil thermal patterns varied with the seasons, with greater amplitude in the warmer months (summer and spring) and reduced energy input during the colder months (autumn and winter). Daily analysis revealed thermal peak lags between depths, reflecting the time required for heat propagation. The study highlights the importance of soil thermal monitoring for agricultural management, as temperature directly affects germination, root growth, and water and nutrient uptake by plants.

KEYWORDS: thermal conduction, solar radiation, soil depth.

INTRODUÇÃO

O solo representa um dos componentes fundamentais no sistema agrícola, funcionando como base para o desenvolvimento vegetal, além de regular o fluxo de água, nutrientes e energia. A temperatura do solo, em particular, é um fator crítico que influencia diretamente processos como germinação, atividade microbiana e absorção de nutrientes pelas plantas (MENDONÇA et al., 2022). Devido às suas características térmicas, o solo funciona como um reservatório de energia, sendo sua temperatura determinada por fatores externos como radiação solar e umidade, bem como por propriedades intrínsecas como textura e cobertura superficial (OLIVEIRA et al., 2021).

As variações térmicas ocorrem tanto em escala diária quanto sazonal, sendo mais intensas nas camadas superficiais, diminuindo gradualmente com o aumento da profundidade. Estudos recentes evidenciam que o monitoramento da temperatura do solo em múltiplas profundidades contribui significativamente para a compreensão dos fluxos de calor e planejamento de manejos agrícolas mais eficientes (PEREIRA et al., 2020). Além disso, com a intensificação das mudanças climáticas e a crescente variabilidade climática, o conhecimento térmico do solo torna-se ainda mais relevante para prever impactos na produtividade agrícola e implementar estratégias adaptativas (ALMEIDA et al., 2021).

A ausência de cobertura vegetal, por exemplo, pode intensificar a amplitude térmica do solo, afetando negativamente o microambiente radicular e limitando o desempenho das culturas (FERREIRA et al., 2019). Já a presença de palhada ou cobertura viva promove um efeito amortecedor das temperaturas extremas, reduzindo perdas de água por evaporação e promovendo maior estabilidade térmica (SILVA et al., 2023). Assim, a adoção de práticas de conservação do solo deve ser integrada ao monitoramento térmico para garantir melhores condições edafoclimáticas e maior sustentabilidade nos sistemas produtivos.

Nesse contexto, o presente estudo visa analisar a variação da temperatura do solo em diferentes profundidades ao longo de dois anos em um Latossolo vermelho-amarelo distrófico, sob condição de solo descoberto, na região do Triângulo Mineiro. Com o uso de sensores automatizados, pretende-se identificar padrões térmicos relacionados às estações do ano, permitindo ampliar o conhecimento sobre o comportamento térmico do solo em condições tropicais e subsidiar decisões agronômicas fundamentadas em dados científicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com dados agrometeorológicos coletados na Estação Meteorológica Automática (EMA) pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberlândia, localizada na Fazenda Sobradinho, município de Uberlândia, MG, cujas coordenadas geográficas são: 18°45'53" de latitude sul e 48°17'20" de longitude oeste e altitude média de 660 metros.

O solo da área é um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (EMBRAPA, 2013) de textura argilosa. Na área não foram realizadas correções do solo e não foi utilizado irrigação. Os atributos físicos médios do solo em estudo é de: densidade do solo de 1,1 g/cm³; densidade

de partículas de $2,9 \text{ g/cm}^3$; umidade com base em volume na capacidade de campo de $0,34 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$; umidade com base em volume no ponto de murcha permanente de $0,25 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$;

O clima da região segundo classificação climática de Köppen (1948) é do tipo Aw, caracterizado como clima tropical com invernos secos e verões chuvosos, temperatura média de $21,5^\circ \text{ C}$ e precipitação anual em torno de 1600 mm com períodos de seca e chuva bem definidos.

A estação meteorológica utilizada foi do modelo HOBOTM[®] RX300 equipada com sensores de temperatura do ar, umidade do ar, radiação global, velocidade e direção dos ventos, chuva, pressão atmosférica, umidade solo e temperatura do solo. A estação foi programada para realização de leituras e registros a cada 5 minutos. Os sensores de temperatura do solo utilizados na estação foram do modelo HOBOTM[®] S-TMB-M002, com faixa de medição de -40 a 100° C e precisão de $\pm 0,2^\circ \text{ C}$. Para o presente estudo foram utilizados três sensores instalados nas profundidade de 5, 20 e 50 cm (Figura 1).



Figura 1 – Sensores de temperatura do solo conectados à estação meteorológica automática do IFTM-UDI.

Foram analisados os dados de temperatura do solo das distintas profundidade estudadas (5, 20 e 50 cm) para os anos de 2020 e 2021. Os dados de temperatura do solo foram relacionados com as demais variáveis meteorológicas monitoradas. Para analisar o efeito das variáveis agrometeorológicas no fluxo de calor no solo, foram selecionadas 4 datas centrais de cada estação do ano, sendo o dia 05 de fevereiro para o verão, 05 de maio para o outono, 06 de agosto para o inverno e 06 de novembro para a primavera de 2020 e 2021. Os dados foram processados e analisados dentro do software de planilhas eletrônicas Microsoft Excel[®], que permitiu a realização dos cálculos e a geração dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 observa-se a variação temporal das temperaturas do solo para os anos de 2020 (Figura 2A) e 2021 (Figura 2B). Pode-se observar o claro efeito das estações do ano nas temperaturas do solo com menores temperaturas nos meses de junho a agosto. No ano de 2020 para a camada mais superficial (5 cm) a temperatura mínima oscilou por volta dos 19°C, enquanto a camada mais profunda (50 cm) na ordem de 21°C. Para o mesmo período no ano de 2021 as temperaturas na camada mais profunda foram ainda menores por volta de 18,5°C (em 2021, ocorreu uma falha no sensor de 5 cm por um período). Essas menores temperaturas do solo a 50 cm em 2021 em relação a 2020, nos meses de inverno, deve-se ao menor fluxo de calor no solo ocorrido pelas menores temperaturas na camada superficial nos meses anteriores.

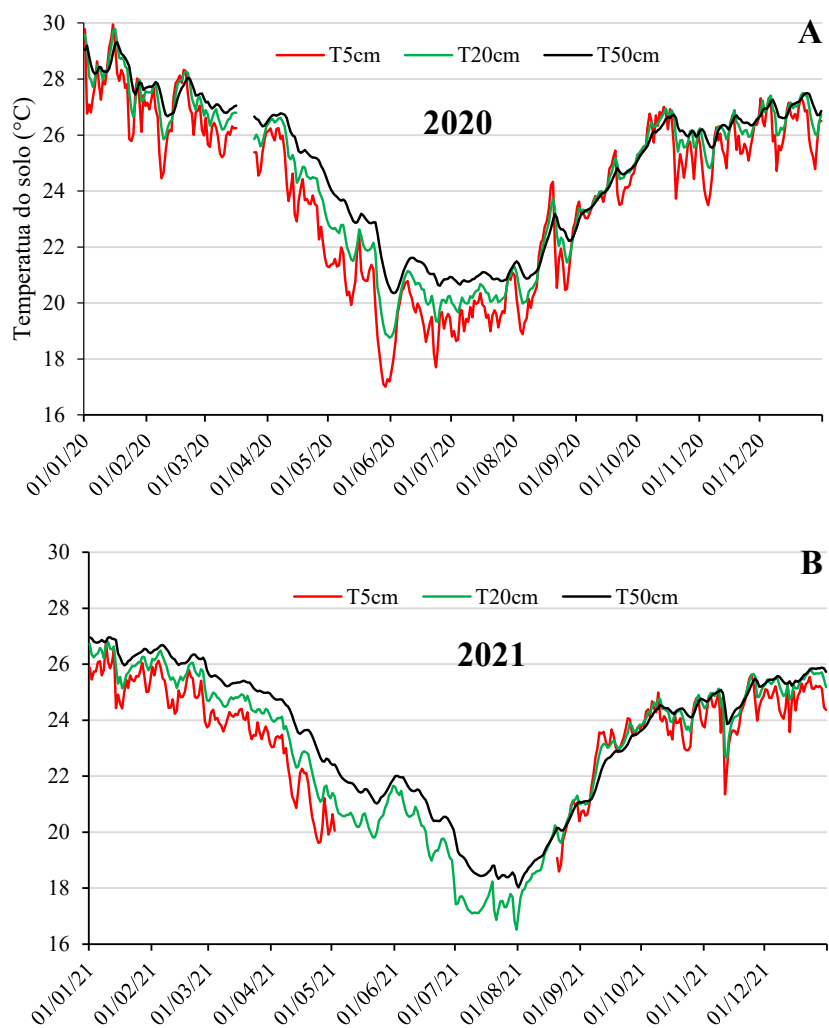


Figura 2. Variação da temperatura média diária do solo nas profundidades de 5, 20 e 50 cm ao longo dos anos de 2020 (A) e 2021 (B), em latossolo sem cobertura no Triângulo Mineiro.

Cada ponto nos gráficos da Figura 2 representam valores médios diários das temperaturas do solo, que são influenciadas principalmente pela incidência de radiação global, temperatura do ar e umidade do solo, além do estado de desenvolvimento da cobertura vegetal que, como citado por Gasparim et al. (2005), influência de forma significativa na temperatura do solo, em comparação ao solo nu. De forma diária, durante o dia com a incidência de radiação solar o solo vai se aquecendo da superfície em direção as camadas mais profundas, tornando a camada superficial mais quente. Durante a noite as camadas da superfície perdem mais rapidamente energia por irradiação, tornando a camada superficial mais fria que as mais profundas. Assim, ao analisar a variação diária observa-se que nos meses mais quentes da primavera e do verão as camadas superficiais vão transmitindo energia para as camadas mais profundas por condução térmica, como este processo é lento observa-se atrasos nos picos de respostas em até 1 dia, além de menor amplitude em relação as camadas mais superficiais (5 e 20 cm).

Nos meses mais quentes (primavera e verão) as curvas de temperatura ficam mais próximas, apesar de as camadas mais superficiais apresentarem naturalmente maior amplitude (Figura 2). Este fato se dá pelo maior ganho de energia nas camadas mais superficiais que contrabalanceiam as perdas por irradiação e transmissão para as camadas mais profundas. No outono e inverno, como as perdas de energia vão sendo maiores que as entradas, as camadas mais superficiais vão apresentando uma distinção clara nas temperaturas, com os descolamentos das curvas nos gráficos (Figura 2A e B).

CONCLUSÕES

A variação da temperatura do solo em diferentes profundidades está diretamente relacionada à radiação solar e às condições atmosféricas sazonais. Camadas mais superficiais apresentam maior amplitude térmica diária, enquanto camadas mais profundas mantêm estabilidade devido à condução térmica. Os dados confirmam que, nos meses mais quentes, há maior acúmulo de energia no solo, enquanto nos meses frios, predominam as perdas. O estudo reforça a importância do monitoramento térmico do solo para o manejo agrícola, contribuindo para decisões mais precisas em sistemas produtivos tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. A. de et al. Soil temperature dynamics under climate change scenarios: impacts and projections for Brazilian agriculture. **Agricultural Systems**, v. 191, p. 103156, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103156>.

FERREIRA, D. S. et al. Soil surface temperature and water content under different ground covers in the Brazilian Cerrado. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104395, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104395>.

GASPARIM, E. RICIERI, R.P. SILVA, S.L. DALLACORT, R. GNOATO, E. (2005) Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**. Agronomy 27(1):107-115. doi: 10.4025/actasciagron.v27i1.2127.

MENDONÇA, C. A. et al. Thermal behavior of soil in tropical agricultural systems and its implications for crop development. **Scientific Reports**, v. 12, p. 8411, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12434-2>.

OLIVEIRA, M. S. et al. Influence of soil cover and texture on heat flux and temperature profiles in tropical soils. **Catena**, v. 204, p. 105394, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105394>.

PEREIRA, A. R. et al. Diurnal variation in soil temperature in response to management practices in tropical climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 291, p. 108062, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108062>.

SILVA, R. A. et al. Cover crops and soil temperature regulation in no-tillage systems. **Geoderma**, v. 434, p. 116458, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116458>.