

CAPÍTULO 15

DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PELO MÉTODO DE INFILTRÔMETRO DO ANEL NO MUNICÍPIO DE CAPANEMA, PARÁ



<https://doi.org/10.22533/at.ed.6091125260215>

Data de aceite: 23/05/2025

Janilson Santos dos Anjos

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Belém, Pará

João Felipe Costa Rocha

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Anna Beatriz Rosario de Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Giovani Cliffeson da Silva Matos

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Amanda Moraes e Moraes

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Elielson Nascimento Farias Junior

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

Douglas Lima Leitão

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Belém, Pará

Helane Cristina Aguiar Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Belém, Pará

Joaquim Alves de Lima Júnior

Universidade Federal Rural da Amazônia
– UFRA, Capanema, Pará

RESUMO: A infiltração de água no solo é um processo fundamental para a gestão dos recursos hídricos, irrigação, conservação do solo e manutenção dos fluxos hídricos e aquíferos, e o processo de infiltração da água no solo pode ser afetado por diversos fatores, como compactação do solo e irrigação. Este estudo teve como objetivo avaliar a infiltração de água no solo utilizando o método do infiltrômetro de anéis concêntricos em um Latossolo Amarelo no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em Capanema-PA. O experimento foi conduzido instalando-se dois anéis metálicos, com medições da lâmina de água infiltrada ao longo do tempo. Os resultados indicaram que, embora o Latossolo Amarelo apresente textura argilosa, sua velocidade de infiltração foi classificada como muito alta, comportamento atribuído à boa estrutura

física do solo e à presença de cobertura vegetal, que reduz o selamento superficial e aumenta a porosidade efetiva. Foi observada uma relação inversa entre a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada: a velocidade diminui com o tempo, enquanto o volume acumulado de água continua a aumentar até atingir estabilidade, conhecida como Velocidade de Infiltração Básica (VIB). Esses dados reforçam a importância de considerar a textura, estrutura, matéria orgânica e cobertura vegetal na análise da dinâmica da água no solo, além de contribuir para práticas de manejo sustentável, irrigação, conservação dos recursos hídricos, saúde do solo, reduzindo erosão e escoamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Latossolo, Recursos Hídricos, Manejo sustentável, solo.

DETERMINATION OF WATER INFILTRATION IN THE SOIL BY THE RING INFILTROMETER METHOD IN THE MUNICIPALITY OF CAPANEMA, PARÁ.

ABSTRACT: Water infiltration into the soil is a fundamental process for water resource management, irrigation, soil conservation, and maintenance of water and aquifer flows, and the process of water infiltration into the soil can be affected by several factors, such as soil compaction and irrigation. This study aimed to evaluate water infiltration into the soil using the concentric ring infiltrometer method in a Yellow Latosol on the campus of the Federal Rural University of the Amazon (UFRA), in Capanema-PA. The experiment was conducted by installing two metal rings, with measurements of the infiltrated water layer over time. The results indicated that, although the Yellow Latosol has a clayey texture, its infiltration rate was classified as very high, a behavior attributed to the good physical structure of the soil and the presence of vegetation cover, which reduces surface sealing and increases effective porosity. An inverse relationship was observed between infiltration rate and accumulated infiltration: the rate decreases over time, while the accumulated volume of water continues to increase until reaching stability, known as Basic Infiltration Rate (BIR). These data reinforce the importance of considering texture, structure, organic matter and vegetation cover in the analysis of soil water dynamics, in addition to contributing to sustainable management practices, irrigation, water resource conservation, soil health, reducing erosion and surface runoff.

KEYWORDS: Latosol, Water Resources, Sustainable Management, Soil.

INTRODUÇÃO

A infiltração de água no solo é o movimento vertical da água a partir da superfície, sendo um indicador importante das características físicas do solo, como estrutura, porosidade e compactação (Molinari e Vieira, 2004). Esse processo é muito importante para a agricultura e o manejo hídrico. De acordo com Libardi (2005), em solos secos, a taxa de infiltração tende a diminuir com o tempo até estabilizar-se na chamada velocidade de infiltração básica (VIB).

Partindo disso, o teste com o infiltrômetro de anel é uma técnica extremamente útil na avaliação da infiltração de água no solo. Consiste na inserção de um cilindro metálico refinado no solo, preenchido com água, permitindo a medição da taxa de infiltração na medida em que a água penetra no solo ao redor do anel (Fernandes et al., 2022). Na qual é

uma metodologia oferece informações necessárias sobre a capacidade do solo de absorver água, fator determinante para diversas áreas, incluindo agricultura, gestão de recursos hídricos e prevenção da erosão do solo (Andrade et al., 2020).

A infiltração é um processo essencial no ciclo hidrológico, sendo responsável pela recarga do solo e dos aquíferos subterrâneos (Nascimento et al., 2020). Esse processo é influenciado por fatores como relevo, textura do solo e manejo agrícola. Em áreas planas, a infiltração tende a ser maior devido à menor ocorrência de escoamento superficial (Garcia et al., 2020). A estrutura e a textura do solo influenciam o movimento da água, afetando a distribuição de macro e microporos, que reduzem o transporte de água (Furquim et al., 2020).

O processo de infiltração ajuda na manutenção do fluxo em corpos d'água e conservação hídrica nas bacias, impactando a disponibilidade de água para a vegetação (Moraes, 2012; Zhao et al., 2013; Zhipeng et al., 2018). Além disso, auxilia nos ciclos hidrológicos, disponibilidade hídrica para as plantas e prevenção da erosão. Importante para estratégias de manejo sustentável, produtividade agrícola e conservação ambiental (Furquim et al., 2020).

A infiltração influencia a ocorrência de escoamento superficial, relacionado a problemas como erosão e inundações (Brandão et al., 2006). Segundo Libardi (1995), a infiltração ocorrendo principalmente por meio da chuva ou irrigação. Movimento influenciado por características estruturais do solo, como porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, teor de matéria orgânica, textura e densidade (Martins e Santos, 2017).

O processo de infiltração da água no solo pode ser afetado por diversos fatores, como a condutividade hidráulica, compactação e duração da chuva ou irrigação (Carlesso e Zimmermann, 2000). Em sistemas de irrigação, a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) é um parâmetro fundamental, pois indica a capacidade do solo em absorver a lâmina aplicada (Fernandes et al., 2022), auxiliando a eficiência da infiltração e o manejo hídrico.

O estudo da infiltração ajuda a estimar a quantidade de água disponível ao desenvolvimento das plantas (Zhipeng et al., 2018). Entretanto, modelos matemáticos auxiliam na compreensão da influência das propriedades do solo sobre a velocidade de percolação da água (Silva et al., 2017). Furquim et al. (2020) utilizaram o infiltrômetro de anéis para comparar a velocidade de infiltração em diferentes condições.

A infiltração da água no solo é um processo vertical e dinâmico, essencial para a conservação, irrigação e retenção hídrica (Brandão et al., 2006). A velocidade de infiltração (VI), expressa em unidade de altura ou volume por tempo, é um parâmetro essencial para o planejamento agrícola e ambiental (Gondim et al., 2010). Diante disso, o presente estudo teve como objetivo determinar a taxa e a velocidade de infiltração da água em um Latossolo Amarelo, utilizando o método do infiltrômetro de anel na área experimental da UFRA, Campus Capanema-PA.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em um solo com classificação pedométrica consoante ao SIBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos), como Latossolo Amarelo Distrófico, localizado nas dependências da Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA no município de Capanema-PA. O município de Capanema está localizado na Microrregião Bragantina do Nordeste Paraense. Situada sob as coordenadas geográficas 1° 11' 45" S de latitude, 47° 10' 50" W de longitude e 32 m de altitude (Figura 1).

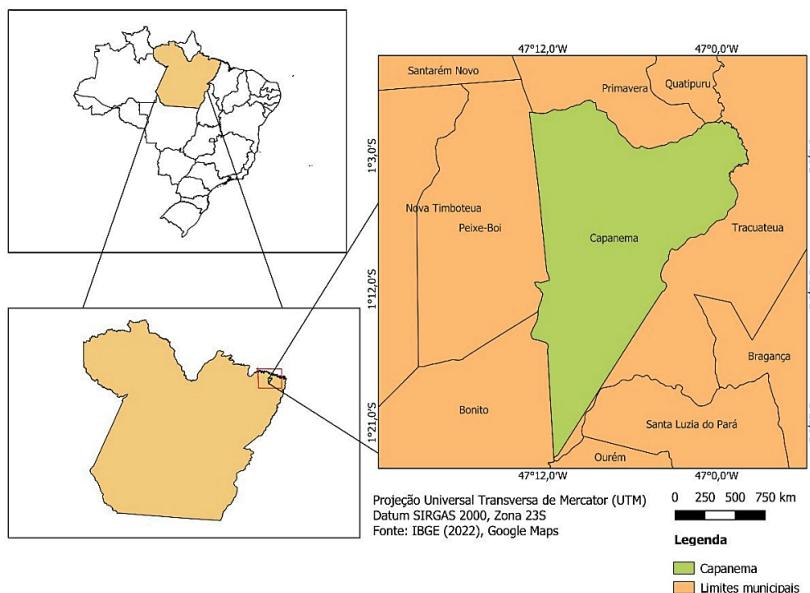


Figura 1 – Localização geográfica de Capanema, nordeste paraense.

Fonte: Autores (2024).

O clima da região, segundo Köppen (1931), é do tipo “Am”, caracterizado por ser úmido, com verões quentes, chuvas concentradas e ausência de estação seca. A Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foi determinada conforme a metodologia de Bernardo et al. (2008). O experimento foi realizado após a escolha e limpeza da área, seguida da instalação de dois anéis metálicos, um com 50 cm e outro com 25 cm de diâmetro, ambos com 30 cm de altura, conforme Mantovani et al. (2013). Os anéis foram posicionados no solo de forma concêntrica e parcialmente enterrados, garantindo estabilidade, podendo mensurar de forma precisa a infiltração da água no solo.

Para a medição, utilizou-se uma régua de referência e dois anéis de inox posicionados de forma concêntrica no solo, com 10 cm de suas alturas enterradas, utilizando suporte e marreta para fixação. Após a instalação, ambos os anéis foram preenchidos simultaneamente com água, mantendo uma lâmina constante de 5 cm, evitando a dispersão lateral e a

desagregação da superfície do solo. Em seguida, deu-se início às medições do volume infiltrado, controladas com o auxílio de um cronômetro, garantindo a precisão dos dados coletados durante o experimento.

Acompanhou-se a infiltração vertical no cilindro interno (anel de menor diâmetro), em intervalos de tempo iniciado a 5 minutos. Observando-se em um cronômetro simultaneamente, esse tempo foi aumentando, sendo a variável com o tempo de infiltração do volume de água. Nos dois cilindros, manteve-se à altura da lâmina de água máxima de aproximadamente 5 cm, permitindo oscilação máxima de 5cm e mínima de 2,5 cm. Assim, as leituras foram realizadas em tempos de 0, 5, 5, 5, 10, 10, 15, 15, 20, 20 e 20 minutos em uma sequência de 10 vezes totalizando 125 minutos a contar do instante zero (Figura 2).



Figura 2 – Infiltrômetro dos anéis instalados em Latossolo Amarelo, UFRA – Capanema, 2024 e a leitura da lâmina de água em régua e a ilustração do perfil de infiltração da água no solo.

Fonte: Autores (2024), adaptado de Sdec France.

O método do infiltrômetro de anéis é utilizado para determinar a taxa de infiltração de água no solo, muito importante para práticas como irrigação, drenagem e gestão de recursos hídricos. Ele permite avaliar a velocidade e o volume de água infiltrada no solo, fornecendo dados importantes para o planejamento de projetos que envolvem recursos hídricos. O método utiliza dois anéis metálicos cravados no solo, anel interno, menor e preenchido com água, e o anel externo, maior, que evita a dispersão lateral, garantindo maior precisão na medição. A água do anel interno infiltra-se verticalmente no solo, e tanto o volume infiltrado quanto o tempo necessário para o processo são registrados para calcular a taxa de infiltração.

O critério adotado neste trabalho para condição de taxa de infiltração constante foi quando o valor das leituras da carga de água no cilindro interno onde repetiu-se pelo menos três vezes. Os valores obtidos foram utilizados para construir a planilha de infiltração acumulada (IA) e de velocidade de infiltração (VI). Deve-se ter em mente que quanto maior for a velocidade de infiltração de um solo, mais frequentes devem ser as leituras. Inicialmente, determinaram-se a IA e VI conforme a equação a seguir:

$$\mathbf{IA = C \times T^n}$$

Onde:

IA = infiltração acumulada;

C = constante que evidencia lâmina infiltrada no primeiro minuto, em cm;

Tⁿ = tempo em minutos.

$$\mathbf{VI = (I/T) \times 60 \ (cm \ h^{-1})}$$

Onde:

VI = velocidade de infiltração instantânea, em mm.h-1;

I = Infiltração acumulada (mm);

T = tempo transcorrido para infiltrar a lâmina de água, em min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI) do solo pelo método do infiltrômetro de anel foram obtidas conforme os dados demonstrados na Tabela 1. Nos primeiros cinco minutos, a velocidade de infiltração (VI) foi de 9,6 cm/h, indicando alta capacidade de absorção do solo. A partir daí, a VI diminuiu gradualmente, chegando a um valor constante de 7,5 cm/h a partir dos 85 minutos de experimento. Esse comportamento é típico de curvas de infiltração, nas quais a taxa inicial é mais alta devido à maior disponibilidade de poros livres e à sucção inicial do solo seco, e tende a estabilizar ao se atingir a velocidade de infiltração básica (VIB).

A infiltração acumulada (Ia) aumentou de forma contínua, passando de 0,8 cm aos 5 minutos para 15,2 cm ao final do período observado, indicando que o solo manteve uma capacidade constante de absorver água ao longo do tempo, mesmo com a redução da velocidade instantânea. Segundo a classificação de Bernardo et al. (2008), solos com VIB superior a 3,0 cm/h são classificados como de alta capacidade de infiltração. Os resultados mostram que VI final estabilizada em 7,5 cm/h, ressalta que o Latossolo é analisado na categoria de solo com VIB muito alta.

Os resultados destacam a relevância do estudo em solos argilosos, como o Latossolo Amarelo, que geralmente apresentam baixa taxa de infiltração devido à presença de microporos. A elevada VIB observada pode ser atribuída à boa estrutura física do solo e

à presença de cobertura vegetal, que evita o selamento superficial e favorece a percolação da água. A análise da tabela 1, corrobora para a compreensão da dinâmica da água no solo em ambientes tropicais úmidos, contribui para o planejamento de práticas agrícolas

sustentáveis, projetos de irrigação e conservação dos recursos hídricos. Além de reforçar a importância de preservar a cobertura vegetal como estratégia de manejo para aumentar a infiltração e reduzir o escoamento superficial.

Hora s	Tempo (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura da régua (cm)	Rep. (cm)	Dif. (cm)	Infiltração (I) Acum. (cm)	VI (cm/h) Fórmula: (Dif./Tempo) X 60
08:44	0	0	0,5	-	-	-	-
08:49	5	5	4,2	-	0,8	0,8	9,6
08:55	5	10	3,5	-	0,7	1,5	8,4
09:00	5	15	3	5	0,5	2	6
09:10	10	25	3,7	5	1,3	3,3	7,8
09:20	10	35	2,5	5	1,2	4,5	7,2
09:35	15	50	3,5	5	1,5	6	6
09:50	15	65	3,3	5	1,7	7,7	6,8
10:10	20	85	2,5	5	2,5	10,2	7,5
10:30	20	105	2,5	5	2,5	12,7	7,5
10:50	20	125	2,5	5	2,5	15,2	7,5

Tabela 1- Determinação da infiltração de água acumulada (Ia) e velocidade de infiltração (VI) pelo método do infiltrômetro do anel em Latossolo Amarelo, UFRA – Capanema, 2024.

Nota: Os parâmetros incluídos foram: Tempo acumulado (min); Leitura da régua (cm); Diferença de lâmina (Dif.) (cm); Infiltração acumulada (I Acum.) (cm); Velocidade de infiltração (VI) (cm/h); VI = (Diferença de lâmina / Tempo) × 60.

Fonte: Autores (2024).

De acordo com Bernardo *et al.*, (2008) o solo pode ser classificado de acordo com a sua Velocidade de Infiltração Básica em: > 30 mm/h (VIB muito alta), de 15-30 mm/h (VIB alta), 5-15 mm/h (VIB média) e < 5mm/h (VIB baixa). O valor para a VIB encontrado classifica o solo com uma VIB muito alta já que é maior que 3,0 cm.h⁻¹. Resultados que ressaltam que o solo é de textura argiloso já que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo. Profundos, bem drenados, de porosos a muitos porosos, estes solos são friáveis (diz respeito à facilidade de escoamento do material de solo), com horizonte superficial pouco espesso e com baixos teores de matéria orgânica (Embrapa, 2021).

Na tabela 1, nota-se que, ao longo do teste, a Infiltração aumenta e a velocidade de infiltração diminui até se aproximar da estabilidade. De acordo com Bernardo *et al.* (2008), os valores dos valores da velocidade de infiltração básica (VIB) variam conforme a textura do solo: entre 25 e 250 mm/h para solos arenosos, 13 a 76 mm/h para textura franco-arenosa, 5 a 20 mm/h para solos franco-arenoso-argilosos e de 2,5 a 15 mm/h para solos de textura franco-argilosa. Esses intervalos reforçam a importância de considerar as características físicas do solo na análise da infiltração.

A velocidade de infiltração da água no solo (VI) é um parâmetro essencial para o manejo da irrigação, pois define o tempo ideal de aplicação da água na superfície, garantindo a lâmina desejada (Bernardo et al., 2008). Com o tempo, essa taxa diminui devido ao umedecimento do solo, até atingir um valor estável, conhecido como velocidade de infiltração básica (VIB) (Gondim et al., 2010).

A velocidade de infiltração, por sua vez, é inicialmente alta, mas diminui com o tempo até se estabilizar em um valor constante, conhecido como Velocidade de Infiltração Básica (VIB) (Bernardo et al., 2019). A determinação precisa da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) é fundamental para o planejamento de sistemas de irrigação, drenagem e conservação dos recursos hídricos. Além disso, contribui para a estimativa da capacidade de retenção de água e aeração do solo (Gondim et al., 2010).

A infiltração da água no solo depende de diversos fatores, como a funcionalidade, uso, ocupação e condições da superfície, que afetam sua condutividade hidráulica (Ribeiro et al., 2019). Entre as propriedades físicas do solo, a velocidade de infiltração é uma das mais relevantes para entender o movimento da água (Paixão et al., 2009).

Na figura 3, são apresentados os dados referentes a relação da interação de infiltração e tempo acumulado, a qual a infiltração acumulada da água no solo aumentava no decorrer do tempo do experimento. Essa interação pode mudar conforme as características físicas do solo, sendo que em áreas com maior predominância de solos argilosos, ou seja, maior participação de microporos a taxa de infiltração acumulada seria relativamente maior com o passar do tempo. Por outro lado, em solos com participação de macroporos, a taxa de infiltração acumulada seria menor, devido o perfil dos solos arenosos apresentarem maior e melhor percolação da água.

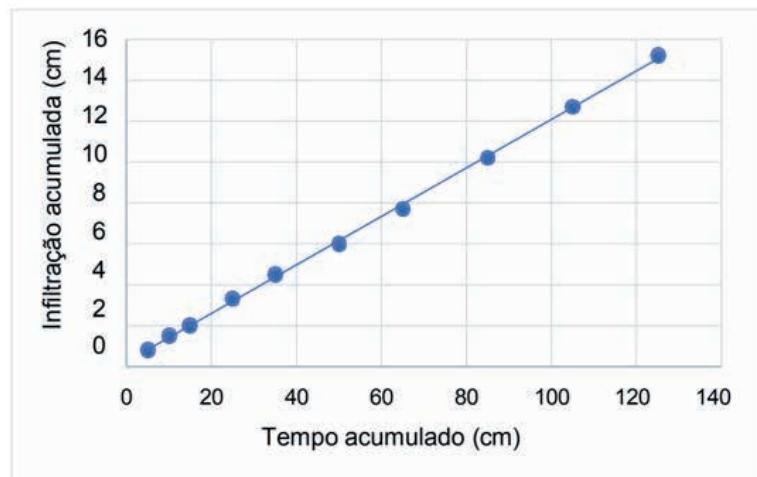


Figura 3 - Infiltração acumulada (cm), de água em Latossolo Amarelo, UFRA – Capanema, 2024.

Fonte: Autores (2024).

Resultados de pesquisas conduzidas por Santos et al., (2015) e Andrade, (2020), ressaltam a relação inversa entre a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada, onde a velocidade de infiltração diminui e se estabiliza com o passar do tempo enquanto o valor da infiltração acumulada aumenta. A contribuição dos estudos é fundamental para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos subjacentes à infiltração da água no solo. A observação da relação inversa entre a taxa de infiltração e a quantidade acumulada de água infiltrada destaca a dinâmica complexa desse processo, que é influenciado por uma interação de fatores temporais e espaciais.

A área realizada para o experimento apresenta cobertura vegetal natural, desse modo, resulta em uma maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo. Como consequência dessa proteção, há menor selamento superficial e maior infiltração da água no solo (Spera et al., 2020; Santos, 2013). O estudo realizado por Santos et al. (2015) complementa as observações de Spera et al. (2020) e Santos (2013) sobre os benefícios da cobertura vegetal na proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva.

A infiltração acumulada em centímetros ao longo do tempo, mostra tanto os pontos de dados reais quanto um modelo de regressão linear. Isso significa que a infiltração acumulada é a quantidade total de água que penetrou no solo desde o tempo 0, início da medição até o momento que estabilizou a infiltração com 125 minutos representado no gráfico. Contudo, com base no gráfico, podemos observar como a infiltração varia ao longo do tempo, se a infiltração acumulada aumenta rapidamente, pode indicar chuvas intensas ou solo permeável (Figura 3). A infiltração é um método pelo qual a água penetra no solo e determina o balanço de água na parte das raízes e na extensão superficial.

Portanto, a presença de cobertura vegetal natural em áreas experimentais é um fator determinante na regulação dos processos hidrológicos do solo, influenciando não apenas a taxa de infiltração inicial, mas também a capacidade de retenção e armazenamento de água ao longo do tempo. Esses resultados destacam a importância da conservação e manejo adequado da vegetação para a sustentabilidade dos recursos hídricos e a saúde do solo.

A figura 4, ilustra o percurso da água no solo após a aplicação na superfície, evidenciando o processo de infiltração vertical. Observa-se a distinção entre a zona não saturada, onde coexistem ar, partículas do solo e água, e a zona saturada, caracterizada pela completa ocupação dos poros pela água. Esse comportamento é fundamental para a absorção hídrica pelas raízes das plantas, que se desenvolvem na zona não saturada, e para o reabastecimento do lençol freático, localizado na zona saturada.

Na parte inferior da imagem, é esquematizado o método do infiltrômetro de anéis concêntricos, que consiste na aplicação de uma lâmina de água sobre a superfície do solo delimitada por anéis metálicos. A água infiltra-se verticalmente, sendo controlada lateralmente pelo anel externo. A profundidade de instalação dos anéis e a lâmina aplicada são elementos necessários para garantir precisão na medição da taxa de infiltração, fornecendo dados relevantes para o planejamento de práticas de irrigação e conservação do solo.

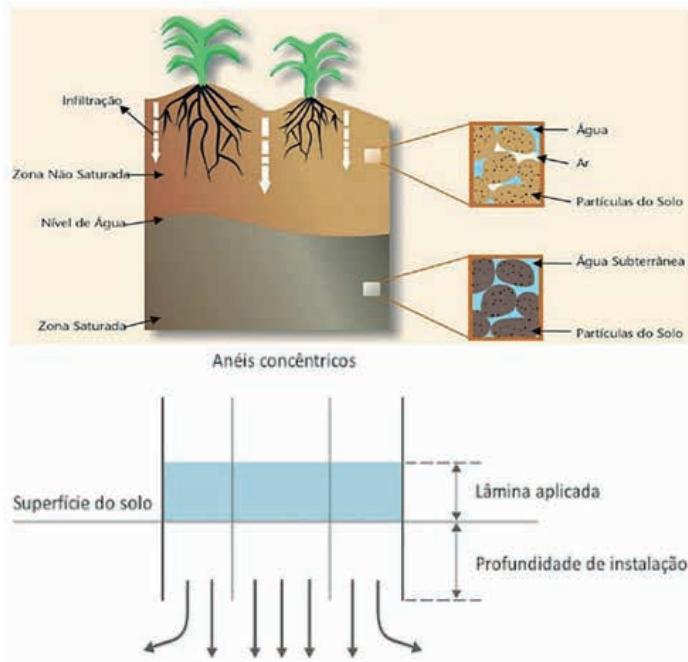


Figura 4 - Esquema do processo de infiltração da água no solo e do método do infiltrômetro de anéis, destacando o movimento da água nas zonas não saturada e saturada do perfil do solo.

Fonte: www.stab.org.br / www.google.com

A infiltração da água no solo é influenciada pela textura do solo, que determina a quantidade e a distribuição de macro e microporos, afetando o movimento da água no perfil (Furquim et al., 2020). Além disso, o relevo interfere na dinâmica da percolação: em terrenos planos, a infiltração tende a ser maior, enquanto em áreas inclinadas ocorre maior escoamento superficial, reduzindo a absorção (Garcia et al., 2020). A disponibilidade adequada de água é essencial para o sucesso das atividades agrícolas, manejo eficiente da irrigação e produção da agricultura (Figueiredo et al., 2008; Brito et al., 2009).

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que, apesar das características argilosas do Latossolo Amarelo, a velocidade de infiltração observada foi classificada como muito alta. Comportamento que pode ser explicado pela presença de cobertura vegetal e boa estrutura física do solo, que favorecem a entrada da água ao reduzir o selamento superficial e ampliar a porosidade efetiva. Contudo, ocorreu uma relação inversa entre a velocidade de infiltração e o volume acumulado de água infiltrada, destacando a complexidade do processo e sua sensibilidade às condições estruturais, ao teor de matéria orgânica e à cobertura do solo. Resultados que reforçam a importância de estratégia de manejo conservacionista voltadas à preservação da vegetação e estrutura do solo, que são promovem a infiltração eficiente, reduzindo o escoamento superficial e garantindo a sustentabilidade dos recursos hídricos e qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. D. et al. Capacidade de infiltração no solo em área de pasta degradada e sistema ILP no primeiro ano. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 2, pág. 6083-6087, 2020.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- BERNARDO, S.; EVERARDO C. M.; DEMETRIUS D. S.; ANTÔNIO A. S. **Manual de Irrigação** 9. Ed. – Viçosa: Ed. UFV, 2019. 545 p.
- BRANDÃO, V.S., et al. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.
- BRITO, A.S., et al. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:17-24, 2009.
- CARLESSO, R.; ZIMMERMANN, F.L. **Água no Solo: Parâmetros para Dimensionamento de Sistemas de Controle**. Santa Maria: UFSM, 2000. 88 p.
- FERNANDES, B. B. et al. Efeito do tráfego agrícola na infiltração de água no solo. **IRRIGA**, v. 2, pág. 343-356, 2022.
- FURQUIM, L. C., et al. Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivos integrados e em área de pastagem degradada. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 82-95.
- GARCIA, Y. M., et al. Declividade e potencial para mecanização agrícola da bacia hidrográfica do Ribeirão Pederneiras - Pederneiras/SP. *Bioeng - Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas*, 14(1), 62-72, 2020.
- GONDIM, T. M. S., et al. Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo arenoargiloso. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.4, n.1, p. 64-73, 2010.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba:ESALQ/USP, 1995. 497 p.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.
- MOLINARI, D.C; VIEIRA, A.F.G. Considerações preliminares sobre a capacidade de infiltração de água no solo no Distrito Industrial II, Manaus (AM). **V Simpósio Nacional de Geomorfologia - I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**, UFSM – RS, 2004.
- NASCIMENTO, L. G. et al. Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina –PI. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15168-15178, 2020.
- PAIXÃO, F. J. R. et al. Ajuste da curva de infiltração por meio de diferentes modelos empíricos. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 107-112, 2009.
- RIBEIRO, C. M. et al. Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anel em solo da região amazônica. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v. 16, n. 29, p. 654-668, 2019.

ANTOS, G. A. Determinação da velocidade de infiltração básica (VIB), sob o método de infiltrômetro de anéis concêntricos em diferentes tipos de solo na região oeste da Bahia. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S. I.], 2013. ISSN 2448-0959.

SANTOS, C. S. et al. Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 22, 2015.

SILVA, N.F. et al. Reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana-de-açúcar via gotejamento subsuperficial: cana-planta e cana-soca. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.6, p. 1862-1875, 2017.

SPERA, S. et al. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração laboral-pecuária (ILP), sob planejamento direto. **Acta Scientiarum Agronomia**, v. 1, 2020.

ZHIPENG, L. et al. Land use dependent variation of soil water infiltration characteristics and their scale-specific controls. **Soil & Tillage Research**, v.178, p.139-149.2018.