



# CURVA PARCIAL DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO POR TENSIOMETRIA EM AMOSTRAS INDEFORMADA E DEFORMADA DE SOLO ARGILOSO

*Miguel Aparecido Risson Coppo<sup>1</sup>, Samira Souza Pasqualetto<sup>2</sup>, Felipe Antonio Gaio Balestrin<sup>3</sup>, Cintia Caroline Lopes de Carvalho<sup>4</sup>, Roberto Rezende<sup>5</sup>, Antônio Carlos Andrade Gonçalves<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. Bolsista CAPES. miguelcoppo@gmail.com

<sup>2</sup>Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. ra140638@uem.br

<sup>3</sup>Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. ra133770@uem.br

<sup>4</sup>Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. ra130391@uem.br

<sup>5</sup>Orientador, docente no Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. rrezende@uem.br

<sup>6</sup>Coorientador, docente no Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus sede - UEM. acagoncalves@uem.br

## RESUMO

O estudo avaliou a curva de retenção de água no solo (CRAS) por tensiometria em amostras de solo argiloso deformada e indeformada, visando comparar suas condições estruturais. A CRAS descreve a relação entre o conteúdo de água e o potencial matricial, sendo fundamental para o manejo de irrigação. Tradicionalmente obtida por métodos como mesa de tensão e câmara de Richards, a curva pode ser parcialmente construída com tensiômetros, que operam até cerca de -80 kPa. No experimento, tensiômetros foram instalados em amostra indeformada e deformada, medindo diariamente o potencial e a massa de solo úmida até estabilização. Observou-se que a amostra indeformada apresentou maior umidade volumétrica em todo o intervalo de potenciais, reflexo da densidade mais alta, enquanto a deformada reteve mais água próxima à saturação, devido à maior macroporosidade. Essa característica levou a rápida drenagem nos primeiros potenciais, aproximando-se depois dos valores da indeformada. Fixando o potencial próximo à capacidade de campo, verificou-se diferença de 8,4% (umidade volumétrica) e 1,8% (umidade gravimétrica) para a amostra com estrutura preservada, evidenciando a importância de considerar a densidade para cálculos de lâmina de irrigação. Apesar do limite operacional, a tensiometria mostrou-se eficaz para monitorar a faixa crítica de irrigação. O trabalho representa uma etapa preliminar no desenvolvimento de metodologias viáveis e acessíveis para otimização da irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Potencial Matricial; Tensiômetro; Umidade.

## 1 INTRODUÇÃO

A curva de retenção da água no solo (CRAS) é uma propriedade física essencial para o manejo hídrico na agricultura, pois descreve a relação entre o conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ) e o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) do solo. Essa relação fornece informações cruciais sobre a disponibilidade de água para as plantas e sobre o movimento da água no perfil do solo, sendo particularmente relevante em ambientes irrigados (PIRES e BACCHI, 2002; VAN LIER, 2020).

Tradicionalmente, a determinação da CRAS é realizada por meio de métodos laboratoriais, utilizando-se a mesa de tensão e a câmara de pressão de Richards, equipamentos que impõem diferentes níveis de pressão para extrair a água retida no solo. Embora esses métodos forneçam resultados precisos, sua aplicação prática é limitada pelo alto custo, complexidade operacional e tempo necessário para obtenção dos dados (AZEVEDO e SILVA, 1999).

Como alternativa, destaca-se o método baseado na tensiometria, que permite uma obtenção parcial da curva, operando geralmente até -80 kPa. Este método consiste na instalação de tensiômetros em amostras indeformadas de solo contidas em cilindros, com leituras diárias do potencial e da massa úmida das amostras durante o processo de



secagem ao ar. A partir dessas leituras, converte-se a massa de água em umidade gravimétrica e, posteriormente, volumétrica, utilizando-se as relações com a massa seca e a densidade do solo (SERVASI et al., 1992; VIEIRA e CASTRO apud SERVASI et al., 1992).

Embora a tensiometria tenha limitações em potenciais mais negativos (abaixo de -80 kPa), ela cobre com eficiência a faixa crítica para o manejo de água em culturas irrigadas (MAROUELLI, 2008). A partir da CRAS completa realizada em laboratório, pode-se determinar os limites hídricos de interesse agrônomo, como a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP), sendo a Água Disponível (AD) expressa como a diferença entre os conteúdos de água nessas duas condições (VAN LIER, 2020).

A construção e interpretação da CRAS são essenciais para orientar decisões relacionadas à irrigação e ao uso eficiente dos recursos hídricos no ambiente agrícola, sendo indispensável para a adoção de práticas sustentáveis e produtivas. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo determinar curvas de retenção de água no solo por meio do método da tensiometria, utilizando amostra indeformada e deformada de solo argiloso obtidas nas pesquisas que estão sendo realizadas no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando uma amostra de solo argiloso em condição indeformada e outra deformada.

A amostra indeformada foi coletada em campo com o auxílio de um macaco hidráulico, utilizando um cilindro de PVC com 18 cm de diâmetro e 15 cm de altura, de forma a preservar a estrutura natural do solo. A amostra deformada foi preparada com o mesmo solo, previamente seco ao ar e peneirado, sendo acondicionada em um vaso plástico de 4,8 litros com leve compactação.

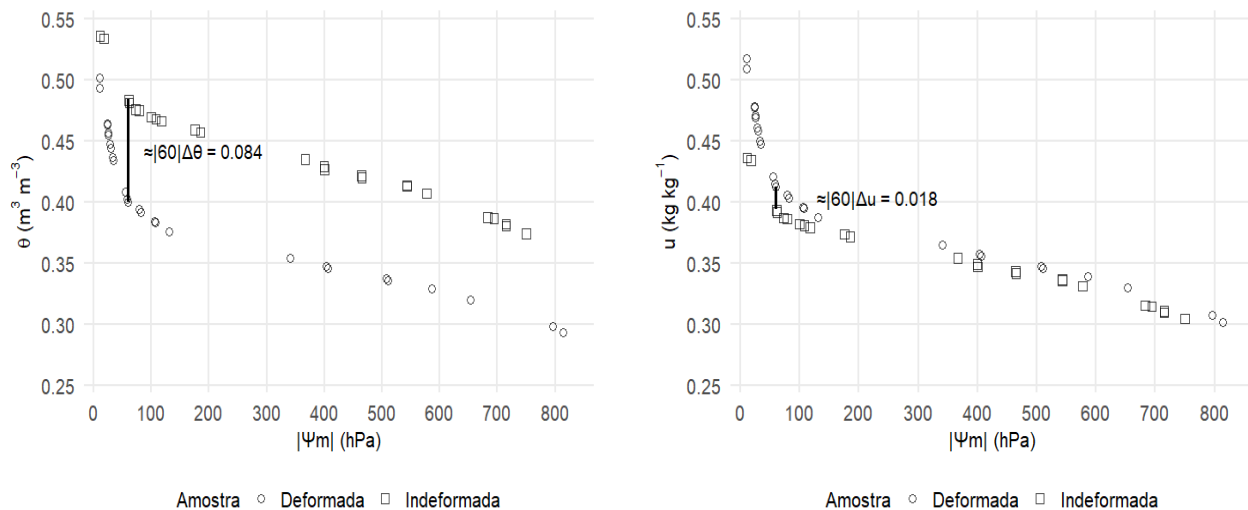
Em cada amostra foi instalado um tensiômetro de pulsão, com a cápsula posicionada no centro da altura (aproximadamente 7,5 cm de profundidade). Após saturação e drenagem livre, foram realizadas leituras diárias do potencial matricial ( $\Psi_m$ ) por um tensímetro digital e da massa total das amostras por balança de precisão, em ambiente de laboratório, até estabilização dos valores.

A massa de solo seco foi determinada após secagem em estufa a 105 °C por 48 horas. A partir disso, calcularam-se a umidade gravimétrica ( $u$ ) e a umidade volumétrica ( $\theta$ ), utilizando-se a densidade do solo previamente obtida. Esses dados foram utilizados para a construção das curvas de retenção de água no solo. A construção dos gráficos da CRAS foi realizada no software RStudio, utilizando a linguagem de programação R, voltada à análise de dados.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o propósito de avaliar comparativamente as condições estruturais do solo, foram construídas as curvas de retenção de água (CRAS) por tensiometria para as amostras deformada e indeformada, utilizando os valores de umidade base massa e base volume em função do potencial matricial. As curvas estão representadas no Gráfico 1A e 1B, referentes à umidade volumétrica e gravimétrica, respectivamente.

Observa-se que os tensiômetros se aproximaram do seu limite operacional, próximo a -800 hPa, ponto no qual pode ocorrer cavitação devido à formação de bolhas no interior do instrumento. Esse fenômeno depende da quantidade de gases dissolvidos na água, da temperatura e da pressão atmosférica. Para a amostra indeformada, os efeitos da cavitação se manifestaram por volta de -750 hPa, comprometendo as leituras posteriores.



**Gráfico 1:** Curvas parciais de Retenção de Água no solo por tensiometria construída por valores de umidade com base em volume (A) e com base em massa (B).

Fonte: Dados da pesquisa – Laboratório CTI – UEM, 2025.

No Gráfico 1A, observa-se que a amostra indeformada apresentou maiores valores de umidade volumétrica ao longo de todo o intervalo de potencial, resultado do efeito da densidade mais elevada. Por outro lado, ao desconsiderar o efeito da densidade e adotar um olhar mais crítico para a umidade gravimétrica (Gráfico 1B), nota-se maior conteúdo de água em potenciais próximos à saturação para a amostra deformada, evidenciando a maior presença de macroporos resultante da sua desestruturação. Fixando o potencial próximo à capacidade de campo, obtém-se uma diferença no conteúdo de água retida, para a amostra de solo com estrutura preservada, de 8,4% e 1,8% para umidade volumétrica e gravimétrica, respectivamente. Isso demonstra a importância de realizar a curva a partir da amostra indeformada, uma vez que é necessário considerar a densidade para os cálculos de lâmina de água na irrigação.

Amostras desestruturadas tendem a apresentar mais macroporos, os quais, por possuírem maior diâmetro, são menos influenciados pelas forças matriciais e drenam rapidamente pela ação da gravidade. Em trabalhos com métodos eletromagnéticos para determinação de umidade, Pereira (2018) e Coppo (2025) observaram fenômeno semelhante para o aumento da macroporosidade em amostras de solo deformado. O fenômeno é evidenciado na queda acentuada da umidade gravimétrica da amostra deformada nos primeiros potenciais. No entanto, à medida que o potencial matricial se torna mais negativo, ambas as amostras se aproximam em valores de umidade com base em massa.

É amplamente reconhecido que o efeito da estrutura do solo é mais perceptível em potenciais acima da capacidade de campo, enquanto a influência da textura se torna mais evidente em potenciais mais negativos, próximos ao ponto de murcha permanente. Ambas as amostras apresentaram elevados valores de umidade ao longo de todo o intervalo de potencial, característica típica de solos argilosos, nos quais as forças matriciais de retenção são elevadas. O formato das curvas obtidas segue o padrão descrito na literatura para CRAS de solos de textura argilosa (REICHARDT e TIMM, 2022).

Embora o tensiômetro possua limite operacional, tanto para a construção da curva quanto para o uso em campo, sendo indicado principalmente para monitorar irrigação em culturas com potencial crítico até -60 a -70 kPa, o equipamento ainda cobre a faixa de potenciais recomendada pela Embrapa (MAROUELLI, 2008) para manejo da irrigação. Entretanto, para determinação da umidade em potenciais mais negativos, é necessário



recorrer à Câmara de Richards, que, embora seja um método mais demorado, permanece como a técnica de referência para a caracterização detalhada das propriedades hídricas do solo.

Dessa forma, os resultados apresentados refletem apenas pesquisas preliminares, correspondendo a uma pequena etapa de um estudo mais amplo, no qual se busca desenvolver e validar metodologias que possibilitem o manejo da irrigação com base técnico-científica de forma mais viável e acessível aos produtores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram diferenças na dinâmica de retenção de água entre as amostras, com a indeformada apresentando maior umidade volumétrica e a deformada maior conteúdo de água em potenciais próximos à saturação, devido à maior macroporosidade. Apesar das limitações em potenciais mais negativos, a tensiometria mostrou-se eficaz para monitorar a faixa crítica de umidade recomendada para o manejo da irrigação. Este estudo representa uma etapa preliminar de uma pesquisa mais ampla, voltada ao desenvolvimento de métodos técnicos, viáveis e acessíveis para otimizar a irrigação.

#### REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle de irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados**, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001.)

COPPO, M. A. R. **Monitoramento da umidade em solos e substratos orgânicos, empregando o método eletromagnético FDR**. 2025. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá, 2025.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 057).

PEREIRA, Renata Cristiane. **Ajustes de modelos de calibração da TDR em amostras deformadas e indeformadas, obtidas a partir de solo sob diferentes sistemas de manejo**. 2018. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2018.

PIRES, L. F.; BACCHI, O. O. S. Determinação da curva de retenção da água no solo com auxílio da transmissão de raios gama. In: National Meeting on Nuclear Applications, 6., 2002, Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro, 2002. v. 1. p. 1-1.

REICHARDT, K. TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 4.ed. Barueri, SP: Manole, 2022.

SERVASI, F. de O. C.; VIEIRA, S. R.; CASTRO, P. M. de; BARBOSA, C. C. Curvas de retenção de água, por tensiometria, para dois solos da região de alfenas (MG). **Pesq. agropec. bras. Brasília**, v.27, n.6, p. 893-900, 1992.

VAN LIER, Quirijn de Jong. **Física do solo** – baseada em processos. Piracicaba: Edição do autor, 2020.