

Estimativa de umidade do solo utilizando diferentes metodologias

Autores:

Alex Jhonne Barbosa Carvalho

Especialista em Agropecuária Sustentável, técnico em agropecuária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA, Campus Codó)

Josielta Alves dos Santos

Graduada em Licenciatura em Química pelo IFMA, Campus Codó

Wady Lima Castro Junior

Doutor em Engenharia Agrícola, professor EBTT do IFMA, Campus Codó

Antonio Carlos Costa Aprígio

Graduado em Bacharelado em Agronomia, técnico em agropecuária do IFMA, Campus Codó

Genilson de Sousa Oliveira

Graduado em Bacharelado em Agronomia pelo IFMA, Campus Codó

Glaucio Sousa Martins

Especialista em Matemática, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho, técnico em laboratório de solos, IFMA, Campus Codó

DOI: 10.58203/Licuri.20965

Como citar este capítulo:

CARVALHO, Alex Jhonne Barbosa et al. Estimativa de umidade do solo utilizando diferentes metodologias. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 48-59.

ISBN: 978-65-85562-09-6

Resumo

A água é fundamental para a produtividade agrícola. Um dos fatores importantes é a verificação do seu teor no solo. Portanto este trabalho teve como objetivo determiná-lo por meio de diferentes metodologias, variando os tipos de solos. Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Solos do Instituto Federal do Maranhão - Campus Codó. Foram coletadas três amostras de solo (S1, S2 e S3), em diferentes regiões, na camada de 0,00 - 0,20 cm. Posteriormente submetidas a três métodos de secagem, método padrão de estufa (M0), método do forno de micro-ondas (M1) e método do forno elétrico (M2), com 5 percentuais de umidade atribuídos ao solo (5, 10 15, 20 e 25%) e 3 tempos de secagem para cada método exceto o padrão, para as amostras de solo (S1, S2 e S3) e três repetições. Com uso do Software *SigmaPlot* fez-se a regressão linear entre os métodos alternativos e o método padrão de estufa. Para a análise estatística, considerou-se o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente linear, o coeficiente angular e fenômeno biológico. Com isso observou-se que tanto o método do forno de micro-ondas como o método do forno elétrico apresentaram desempenho equivalentes ao método padrão de estufa.

Palavras-chave: Estufa. Forno elétrico. Irrigação. Micro-ondas. Teor de água.

INTRODUÇÃO

Os primeiros usos da irrigação tiveram participações bem simples no desenvolvimento da agricultura, entretanto a relevância do manejo da água se tornou algo necessário na agricultura moderna (MEDEIROS et al., 2003). Com o passar dos tempos, o homem passou a dominar essa técnica e perceber o grau de sua importância para o progresso almejado, de forma que várias experiências na agricultura irrigada aconteciam ao redor do mundo.

A água é fundamental para a produtividade no meio rural, sendo que toda cultura agrícola durante seu ciclo vegetativo e produtivo requer uma grande quantidade de água (TRINTINALHA et al., 2001; BUSKE et al., 2014). Entretanto, sua adoção está condicionada à disponibilidade hídrica do solo na região (TESTEZLAF, 2017).

Sabe-se que as variações nessa propriedade física do solo afetam a oferta de nutrientes, a ação de microrganismos e a aplicação de atividades de cunho prático para o manejo do solo, entre outros. Devido a isso, a sua determinação quando feita de maneira adequada é crucial para as atividades de operações mecanizadas, assim como nas avaliações das propriedades do solo (OLIVEIRA; ROQUE, 2016).

Conhecer a umidade do solo é importante, pois o seu conhecimento pode indicar qual o estado hídrico do solo, podendo proporcionar uma diminuição de despesas com água e energia elétrica, pois conhecendo, o produtor terá informações necessárias para poder irrigar com a frequência necessária (BUSKE, 2013).

Assim, torna-se relevante que se conheça o teor de umidade para que se saiba a necessidade hídrica a ser aplicada durante a irrigação e também para auxiliar no desenvolvimento adequado das plantas. Para Rivera et al. (2012), a umidade é a principal ligação entre os compartimentos hidro ecológicos como a interação de águas subterrâneas com a superfície, evapotranspiração, além dos demais processos biológicos no solo.

Buske et. al (2014) descrevem técnicas utilizadas para identificar a água contida no solo, alguns demorados, outros caros e, ainda, alguns imprecisos, segundo Klein (2008). Os métodos utilizados são classificados em diretos e indiretos. O método direto é mais simples e permite a obtenção direta da umidade do solo, no tempo em que os métodos indiretos medem propriedades do solo que são dependentes da sua umidade.

Este artigo objetiva determinar o teor de água no solo através de diferentes metodologias, em distintos tipos de solos encontrados na região dos cocais maranhense.

METODOLOGIA

As amostras utilizadas nesse estudo foram obtidas no Campus Codó e no sítio Angelina Carvalho de acordo com os quesitos estabelecidos na NBR 6457 (ABNT, 2016).

Para a realização do experimento, foram coletadas três amostras de solo (S1, S2 e S3), em regiões geográficas distintas, na camada de 0,00 - 0,20 m, em seguida encaminhadas ao Laboratório de Física de Solos da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para determinação da composição granulométrica. A determinação de umidade foi realizada por três metodologias diferentes, a saber: método padrão de estufa (M0), método do forno micro-ondas (M1) e método do forno elétrico (M2). No método padrão de estufa (M0) utilizou-se a estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar. Para o método do forno micro-ondas (M1) utilizou-se um forno com 30 litros de capacidade, e 820 W de potência, conforme pode ser constatado na Figura 6. E no método do forno elétrico (M2), um forno com 5 litros de capacidade, 600 W de potência.

Os tratamentos foram constituídos variando-se três métodos (M0, M1, M2), com três amostras de solo (S1, S2, S3), cinco percentuais de umidade (5, 10, 15, 20 e 25%) e três tempos de secagem (5, 10 e 15 minutos para o forno de micro-ondas e 15, 20 e 25 minutos no forno elétrico), sendo o tempo de 24 h para o método padrão, o que totaliza 105 tratamentos, com três repetições.

No método padrão de estufa foram colocados 5 (cinco) recipientes contendo amostras com seus respectivos percentuais de umidade para secar em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

No método do forno elétrico foi realizado um pré-aquecimento, num intervalo de cinco minutos, e em seguida foram colocadas as amostras contendo os percentuais de umidades anteriormente aferidos, para os tempos de 15, 20 e 25 minutos de secagem. E no método do forno de micro-ondas em potência máxima, as amostras foram pesadas após os tempos de 5, 10 e 15 minutos de secagem.

Para os dados qualitativos (métodos e tipos de solo) foi utilizada estatística descritiva (média e desvio padrão). E para os dados quantitativos (umidades e tempo de secagem) foi utilizado análise de regressão linear $Y = y_0 + aX$ entre os métodos alternativos (Y) e o método padrão de estufa (X), através do Software SigmaPlot. O modelo foi adotado considerando-se os coeficientes de determinação (R^2), o coeficiente linear e o coeficiente angular.

Após a obtenção dos valores dos coeficientes (a, b) da regressão linear, foi realizado o teste t de Student, ao nível de 99% de confiança para averiguar suas respectivas significâncias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando-se obter as características físicas dos três solos, foi realizada a análise granulométrica destes, com a finalidade de caracterizá-los sob o ponto de vista físico. O contraste textural entre eles pode ser verificado na Tabela 2.

A comparação gráfica dos valores de umidade gravimétrica (%) representados para o método padrão de estufa, e para o método do forno micro-ondas nos tempos (5, 10 e 15 minutos) nos percentuais de umidade atribuídos ao solo de 5, 10, 15, 20 e 25%, são apresentados nas Figuras 9, 10 e 11 para todos os solos analisados.

Para ambos os gráficos apresentados foi ajustada uma equação linear, com valores para o método padrão de estufa (X), em relação ao método do forno de micro-ondas (Y). Sendo que para ambas as equações os coeficientes de determinação foram superiores a 0,99 quando testados todos os tempos (5, 10 e 15 minutos) para o S1, S2, S3 indicando haver um bom ajustamento dos valores de umidade independentemente do tipo de solo estudado.

Portanto verificou-se que, para a amostra S1 da classe textural (areia franca) não houve diferença entre os percentuais de umidade atribuídos aos solos, quando se compara o método padrão de estufa com o método do forno micro-ondas, nos diferentes tempos analisados. Tal situação foi evidenciada para as amostras S2 classe textural (franco arenoso) e S3 classe textural (franco argilo arenoso).

Na Tabela 1, são apresentados os valores do coeficiente de determinação " R^2 ", dos coeficientes linear e angular, do desvio padrão, do teste t de Student e o resultado estatístico (S - significativo ou NS - não significativo) para os solos estudados na comparação entre o método padrão de estufa e o método do forno micro-ondas. Como

visto, o coeficiente de determinação para as combinações é superior a 99,9%. Portanto, verificou-se que o coeficiente angular foi não significativo ao nível de 1% de probabilidade, obtendo assim b igual a 1.

Desta forma, pode-se afirmar que o método do forno de micro-ondas foi bastante eficaz na determinação da umidade do solo, pois não diferiu estatisticamente do método padrão de estufa nas seguintes variáveis - percentual de umidade, textura de solo e tempo de secagem. Neste caso, percebe-se que para ambas as classes texturais os tempos (5, 10 e 15 minutos), mostraram-se eficiente na determinação da umidade dos solos objetos deste estudo. Destacando-se assim o tempo de 5 minutos como sendo mais econômico, pois reduziu o tempo de resposta para se determinar a umidade gravimétrica de um dado solo.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de determinação, dos coeficientes linear e angular, do desvio padrão, do teste t de Student e a significância do teste ao nível de 1% de probabilidade, para os solos estudados na comparação do método padrão de estufa com o método do forno micro-ondas.

Tratamentos	R ²	Coeficientes*	Valores	t Student	ρ -value	Obs
S1 T5	0,9996	a	-0,3222	-1,6986	0,1880	NS
		b	1,0090	84,0303	0,0001	S
S1 T10	0,9986	a	-0,0830	-0,2407	0,8253	NS
		b	1,0038	46,0022	0,0001	S
S1T15	0,9994	a	-0,0608	-0,2738	0,8020	NS
		b	1,0088	71,7158	0,0001	S
S2 T5	0,9998	a	-0,1337	-1,0608	0,3666	NS
		b	0,9908	125,1455	0,0001	S
S2 T10	0,9997	a	0,2560	1,6103	0,2057	NS
		b	0,9825	98,3663	0,0001	S
S2 T15	0,9986	a	-0,4420	-1,2678	0,2943	NS
		b	1,0243	46,7522	0,0001	S
S3 T5	0,9996	a	-0,2042	-1,0748	0,3612	NS
		b	0,9994	83,5901	0,0001	S
S3 T10	0,9996	a	0,1119	0,5770	0,6044	NS
		b	1,0040	82,3097	0,0001	S
S3 T15	0,9997	a	-0,0847	-0,5417	0,6256	NS
		b	1,0052	102,1731	0,0001	S

* Coeficientes de determinação angular (a) e coeficiente linear (b). NS: Não significativa. S: Significante.

Constatações estas que são corroboradas por Miranda et al. (2012) quando, ao estudar a mesma metodologia de tempo, ou seja, os tempos de 5, 10 e 15 minutos, os resultados encontrados para o método não diferiram estatisticamente do método padrão de estufa. Em seu trabalho com métodos expeditos de determinação da umidade do solo, Buske et al. (2014) também concluíra que o tempo de 5 minutos não diferira do método padrão de estufa nas mesmas condições metodológicas.

Tavares et al. (2008) estudando a utilização do forno micro-ondas na determinação da umidade no solo, comparando os resultados com os valores fornecidos pelo método da estufa convencional, usando nove solos, com diferentes classes texturas conclui que os resultados obtidos não diferiram entre si. Quando se usou o método do forno micro-ondas, as variações entre repetições diminuíram com o tamanho da amostra e com a percentagem de partículas finas no solo.

Sob o ponto de vista técnico do manejo da irrigação, Vinholis et al. (2008), estudaram o uso do micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas, considerando aspectos econômicos, social e ambiental, e defenderam que o uso do micro-ondas para determinação da umidade do solo, permite otimizar atividades de irrigação em sistemas intensivos de produção agrícola, gerando impacto positivo do ponto de vista econômico, social e ambiental nos sistemas de controle da qualidade e de produção agrícola.

Fonseca et al. (2009) apud Rodrigues & Araújo (2016), trabalhando com o objetivo de comparar o método do forno micro-ondas com o método padrão de estufa, a fim de comprovar sua confiabilidade na determinação de umidade do solo, concluem que os resultados estimados por meio do método do forno micro-ondas para a determinação de umidade do solo não difere estatisticamente do método padrão de estufa, constituindo uma metodologia confiável e que pode ser facilmente utilizada na determinação da umidade do solo.

Contudo, o uso deste método possui grande potencial na determinação da umidade do solo, por ser um equipamento relativamente barato e acessível aos produtores e técnicos, além de acrescentar um ganho de tempo na execução de atividades no campo, podendo este trabalho ser realizado diretamente na propriedade.

CONCLUSÕES

Em relação aos métodos utilizados para determinação de umidade do solo, o método do forno micro-ondas como o método do forno elétrico é eficiente na determinação da umidade do solo quando comparado com o método padrão de estufa. Restando apenas adequá-lo ao tempo de secagem ideal.

Para os solos estudados o método do forno micro-ondas foi eficiente para ambos os tempos de secagem quando comparados ao método padrão de estufa. O tempo de 5 minutos é suficiente para uma boa determinação da umidade do solo.

Para o método do forno elétrico verificou-se que o tempo 15 minutos não obteve um ajuste tão eficiente em comparação aos tempos de 20 e 25 minutos para os solos estudados quando comparado com o método padrão de estufa. Destacando-se o tempo de 20 min como sendo suficiente para a determinação da umidade do solo.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. G. **Estimação da umidade do solo usando fotografias digitais e redes neurais artificiais**. 64 fls. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

ÁVILA, Frederico F. de. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do córrego dos pereiras - depressão de Gouveia/MG**. 2009, 133 f. Dissertação (Mestre em Geografia) - Área de concentração: Análise Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

BISWAS, A.K. (ed.). **Water Resources: Environmental Planning, Management and Development**. New York, McGraw-Hill. 1997. 737p.

BLANCO, F. F.; MACHADO, C. C. & COELHO, R. D. Avaliação econômica da irrigação na cultura da manga (*Mangifera indica* L.) para a região nordeste do Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 28, Pelotas, 1999. CDROM. Pelotas: 1999.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. Part 1. American Society of Agronomy*, p. 363-375, 1986.

BONOMO, D. Z. et al. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.

BUSKE, Taise Cristine et al. *Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos*. 2013.

BUSKE, T. C.; ROBAIMA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; BRAGA, F. U. A. Determinação da umidade do solo por diferentes fontes de aquecimento. *Irriga Botucatu*, v. 19, n. 2, p. 315-324, 2014.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; SIQUEIRA, D. S. Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 38, p. 149-157, 2007

CARLESSO, R.; ZIMMERMANN, F. L. *Água no solo: parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação*. Santa Maria: UFSM/ Departamento de Engenharia Rural, 2000.

CODEVASF 2010. **Decreto nº 92.395, de 12 de fevereiro de 1986**. <http://www.codevasf.gov.br/principal/legislacao/decretos/decreto-no-92-395-de-12-de-fevereiro-de-1986>. Acesso: 1 de dezembro de 2018.

DAL PRÁ, B. R. **Desenvolvimento de sistema para controle de umidade de solo em pequenas propriedades rurais**. 66 fls. Dissertação (Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2009.

DALPASQUALE, V. A. **Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos**. In: LORINI, I., MIKE, L. H.; SCUSSEL, V.M. *Armazenagem de grãos*. Instituto Biogenesis, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAO. **O estado dos recursos terrestres e hídricos do mundo para alimentação e agricultura**. Nova Iorque, 2011.

FERNANDES, M. R. **Alterações em propriedade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo**. 65 fls. Tese (Magister Scientiae), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1982.

FONSECA, S. O. et al. Avaliação do método do forno micro-ondas para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa. In: **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba**, 2009.

FRANCO, E. M. **Monitoramento da dinâmica da água e solutos em um perfil de solo, sob sistema de fertirrigação por gotejamento, utilizando sonda de capacitância e extratos de solução**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2009.

FREITAS, W. A. **Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo capacitivo para manejo de irrigação**. 211 fls. Tese de doutorado (Engenharia e Manejo de Irrigação), Universidade Federal de Lavras Lavras - UFLA, 2014.

GOMES, M.; PEREIRA, A. F. A água nossa de cada dia. **Revista Panorama Rural**. Ano XI, n. 122 - abril 2009. p. 44 - 48.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Codó - MA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/codo/panorama>. Acesso em: 10 de março de 2019.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1493-1500, 2000.

KAISER, D.R. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. **Fundamentos da ciência do solo. Aulas práticas**. Santa Maria, 2010. 112p.

KINGSTON, H. M.; HASWELL S. J. (Ed.) **Microwave -Enhance de Chemistry Fundamentals, Sample Preparation and Applications**. Washington: **ACS Professional Reference Book**, 1997, 772p.

KLEIN, V. A. **Física do Solo - Passo Fundo**: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 1. ed. Piracicaba, 1995. 497 p.

MAFFRA C. Q. T; CENTENO J. A. S Estimativa da umidade do solo por meio de sensoriamento remoto e suas possíveis aplicações no estudo de deslizamentos de terra. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68/9, Edição Especial Movimentos de Massa e Processos Erosivos, 2016.

MATOS, Rigoberto Moreira et al. Teor de umidade por diferentes métodos em neossolo do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1588, 2017.

- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, J. A. A. Avaliação do manejo de irrigação no Perímetro Irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.80-84, 2003.
- MENDES, P. C. S. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. 159 fls. Dissertação de Mestrado (Engenharia Elétrica), Universidade Federal da Bahia, 2006.
- MIRANDA, E. P.; MARTINS, G. S.; CARMO, F. F.; LIMA, L. C. P.; SILVA, F. M. **Uso do forno de micro-ondas na determinação de um solo francosiltoso**. In: IV WINOTEC WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO. Foz de Iguaçu, 2012. Anais..., Inovagri, Fortaleza, 2012.
- MORAES, N.B; MEDEIROS; J.F.; LEVIEN; S.L.A.; OLIVEIRA; A.M.S. Avaliação de cápsulas de cerâmica e instrumentos de medida de tensão usados em tensiômetros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, 2006.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ROQUE; C. G. Determinação da umidade do solo por micro-ondas e estufa em três texturas de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 4, p. 60-64, out./dez. 2016.
- OLIVEIRA, A. M. P. **Modelagem matemática para dimensionamento do bulbo molhado na cultura do melão**. 56 fls. Monografia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido UFRSA, 2010.
- OLIVEIRA, R. A. de. et al. **Determinação da umidade do solo com uso de forno elétrico e balança digital**. In: UFV / VIII SIMPOS, 2008, Viçosa, MG, Anais... Viçosa, 2008.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações**, Manole, 2004.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em:
<http://portais.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf>. Acesso:
12 de dezembro de 2018.
- RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. **Métodos e estratégias de manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa, 2003.
- RIVERA, R. N. C.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; BOTREL, T. A. Modelo aplicado à dinâmica da água e do potássio no solo sob irrigação por gotejamento - análise de sensibilidade. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.28, n.3, p.448- 459, 2012.

RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada. **Circular Técnica: Embrapa, Jaguariúna**, p.1-7. 2004.

SANTOS, R. M. et al. Montagem e acurácia de um sistema experimental de pesagem para calibração de sensores de umidade de solo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p.1162-1169, 2006.

SENEVIRATNE, S. I. et al. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: a review. **Journal Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 99, n. 3-4, p. 125-161, Feb. 2010.

SILVA, E. C. R.; ALVES, F. B.; SILVA, I. I. S. Agricultura irrigada no contexto amazônico: uma abordagem sistemática do uso da água em uma horticultura no município de Altamira-PA. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 1, 2016.

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras**. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72 p.

SOARES, F. C. **Análise da viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico**. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE. Circular Técnica nº 33, Dezembro, 2002.

TAVARES, M. H. F. et al. Uso do forno de micro-ondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 529-538, jul./set. 2008.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas, SP.: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp/FEAGRI, 2017.

TOMÉ, J. B.; DECHEN, A. R. Microwave oven drying of soil samples for chemical testing in Brazil. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 26, n. 3-4, p. 515-529, 1995.

TRINTINALHA, M.A; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; TORMENA, C.A.; BERTONHA, A.; TSUKADA, J. Efeito da instalação e da variabilidade entre sondas no uso da técnica de TDR em um Nitossolo Vermelho Distroférico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, 2001.

VINHOLIS, M. de M. B. et al. Uso do micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: avaliação econômica, social e ambiental. **Custos e Agronegócio**, v. 4, n. 2, p. 80-97, mai./ago. 2008.

WANG, Q.; OTSUBO, K. & ICHINOSE, T. Digital map sets for evaluation of land productivity. Disponível em: <http://www.iscgm.org/html4/pdf/forum2000/DrQinxueWang.pdf>. Acesso: 1 de jul. de 2023.