

## **XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **EQUIPAMENTOS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE UMIDADE DO SOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

*Luiz Augusto Carvalho da Fonsêca<sup>1</sup>; José Martins de França Neto<sup>2</sup>; Severino Martins dos Santos Neto<sup>3</sup>; Artur Paiva Coutinho<sup>4</sup>; Antônio Celso Dantas Antonino<sup>5</sup>.*

**RESUMO** – De frente à grande problemática dos recursos hídricos no semiárido Brasileiro, exalta-se a importância da realização de estudos para melhor entendimento do comportamento e aproveitamento da água no território em questão. Surge então a necessidade de um estudo direcionado para a elaboração de um embasamento derivado de experiências adquiridas por meio de outros pesquisadores, o qual torne possível a facilitação da escolha da forma mais eficiente de se estudar a umidade do solo em regiões de clima semiárido. Em meio aos 23 trabalhos utilizados como referência, torna-se possível observar a tendência da utilização de determinados métodos e dispositivos para estudos que utilizam como principal variável a umidade do solo, dentre eles os de maior destaque foram o método gravimétrico, a utilização de sonda de nêutrons, tensiômetros e TDRs. Quando comparados o método e os dispositivos analisados, surge uma notável tendência para a efetividade da utilização de TDR, assim como um importante direcionamento econômico relacionado ao uso de Tensiômetros.

**ABSTRACT** – Facing the problematic of hidric resources in the brasilian semiarid, the importance of making scientific researchs to obtain more knowledge about the behavior and the optimization of use of water in this region turns greater. Emerges the necessity of a specific study for the elaboration of a base derivated by previously experiences of anothers researchers, what turns possible an easy way to choose the best way to study the soil moisture in the semiarid regions. Between the 25 works utilized as reference, it's possible to observe that the Gravimetric method, the neutron probe, the tensiometer and the TDR are the preferred ways to study the soil moisture. This literature revision has the intention to trace a comprehension line for the future researchers, making possible to they to have a first look, giving confidence to the choice about what method or dispositive to use in determinated study. When compared the method and the dispositives analyzed, appears a notable trend to the effectiveness of using TDR, also the important economic analisis directed to the Tensiometer use.

**Palavras-Chave** – Monitoramento; TDR; Ciclo hidrológico.

---

<sup>1</sup>) Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, laugusto.carvalho@gmail.com

<sup>2</sup>) Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, jmfrancaneto@gmail.com

<sup>3</sup>) Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, martinsdsn@gmail.com

<sup>4</sup>) Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Caruaru-PE, arthur.coutinho@yahoo.com.br

<sup>5</sup>) Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, acdantonino@gmail.com

## **INTRODUÇÃO**

A problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas mais habitadas é uma questão crucial para superação dos obstáculos ao desenvolvimento, Cirilo (2008). O semiárido é caracterizado pela escassez de recursos hídricos principalmente provenientes da chuva. Essa característica marcante impacta diretamente nas mais diversas formas de vida encontradas em regiões semiáridas, incluindo as vidas humanas que ali habitam. A ausência de um recurso natural tão importante traz a necessidade não apenas de formas mais eficientes de armazenamento, mas também da otimização do uso, trazendo um maior rendimento ao recurso, e tornando mais eficaz sua aplicação nas diversas atividades que utilizam da água como principal matéria. O intuito desta revisão de literatura se torna então buscar auxiliar os pesquisadores de quais dispositivos ou métodos utilizar nas determinadas formas de estudo de umidade do solo no semiárido.

## **METODOLOGIA**

Para melhor atender as necessidades das pesquisas futuras -em torno da região de clima semiárido- que tem como grandeza principal de estudo a umidade do solo, a revisão de literatura foi realizada com o norte em artigos elaborados, em sua predominância no período de 1992 até 2020, com ênfase em temáticas das regiões de clima semiárido. Por meio de sites de pesquisa científica como o *Google Scholar* e o *Scopus*, foi realizada a busca por artigos com temas relacionados à: Umidade do solo no semiárido, TDR e semiárido, Tensiômetro e semiárido, Gravimetria e semiárido, Sensores de umidade e semiárido, métodos de obtenção da umidade do solo e semiárido. Após coleta de artigos relacionados aos temas supracitados, realizou-se a leitura com foco na busca dos métodos e sensores mais utilizados na região do semiárido para as pesquisas que envolvessem como grandeza principal a umidade do solo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Durante a revisão foram analisados os métodos e sensores mais comuns utilizados para medição da umidade do solo em pesquisas realizadas na região do semiárido brasileiro, destacando-se três sensores, sendo eles: o TDR, Sonda de Nêutrons, e Tensiômetro analógico; e um método de análise, sendo ele o método da Análise Gravimétrica.

### **TDR (reflectômetro no domínio do tempo)**

O TDR tem se destacado principalmente por não danificar a estrutura física do solo, assim como tornar possível um grande número de medições em um curto espaço de tempo, por infinitas repetições, e por sua descrição detalhada dos dados ao longo do tempo. Traz segurança ao operador, além de permitir a multiplexação e, dessa forma, o monitoramento contínuo da água no solo, tanto no espaço quanto no tempo. Além disso, permite medidas simultâneas de conteúdo de água e condutividade elétrica no campo, permite realizar leituras próximo à superfície e, sobretudo, no laboratório, trazendo também o benefício de automatizar o sistema.

### **Sonda de nêutrons**

O método da Sonda de Neutron recebeu popularidade mundial no estudo da umidade do solo por providenciar uma muito rápida e não destrutiva medição dos conteúdos hídricos do solo, Kirida e Reichardt (1992). Embora a utilização de Sonda de Neutron tenha alta eficiência e possa ser utilizada na determinação do conteúdo de água no solo, sua utilização possui certo grau de restrição, consequente de representar uma fonte radioativa.

### **Tensiômetro analógico**

O uso do tensiômetro agrega a vantagem de um custo relativamente baixo de material -quando comparados aos demais métodos e aos sensores citados neste trabalho-, e medição em tempo real, tornando-o interessante para fins que exigem baixo custo. As desvantagens encontradas se apoiam na não possibilidade de medição automática em conexão com uma central de aquisição dados, não possibilidade de automação do sistema, e por erros propagados pela necessidade de ação humana na operação do aparato.

### **Análise Gravimétrica**

O método para obtenção da umidade gravimétrica do solo consiste em quatro etapas: retira-se o solo colocando-o em um recipiente de alumínio de peso conhecido. Pesa-se o recipiente com o solo e após se é colocado em uma estufa em uma temperatura de 105°C por 24 horas. Retira-se o recipiente da estufa colocando-o em um dessecador. Quando frio, pesa-se novamente. A quarta etapa se refere a etapa de cálculos. Sendo “A” o peso da amostra de solo quando em sua umidade inicial - primeira

etapa -, “B” o peso da amostra de solo após ter secado em estufa, “U” a umidade gravimétrica, tem-se então a Equação 1:

$$U\% = \frac{A-B}{B} * 100 \quad (1)$$

Na Tabela 1 foram organizados os trabalhos realizados diretamente no semiárido brasileiro, com o intuito de mostrar a frequência de uso, e por meio de algumas conclusões obtidas, exibir a razão do uso de determinado dispositivo ou método em cada estudo.

Tabela 1 – Levantamento obtido por meio dos artigos analisados

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Área em estudo</b>	<b>Dispositivo ou método</b>	<b>Conclusão obtida</b>
Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do Nordeste do Brasil.	Antonio Celso Dantas Antonino et al	Instalou-se um experimento em Coxixola, PB, com quatro tratamentos (plantios de milho e de feijão, solo nu e com cobertura morta), parcelas de 7,7 x 10 m e espaçamento de plantio de 1,1 x 1,0 m	Sonda de Nêutrons	Utilizou-se de medições diárias, obtendo sucesso nos resultados.
Modelagem da dinâmica de umidade do solo em diferentes condições de cobertura no semiárido pernambucano	José Roberto Lopes da Silva <i>et al.</i>	Os solos de referência são os Argissolos Amarelo, Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Flúvico, Regolítico e Litólico. As parcelas experimentais com dimensões de 4,5 m e 11,0 m (no sentido do declive) perfazendo uma área de 49,5 m <sup>2</sup> .	TDR	O uso de TDR permitiu um monitoramento diário contínuo. Destacando-se em relação aos demais, principalmente por ser um método rápido, não destrutivo e que possibilita a automação da aquisição dos dados
Dinâmica temporal da umidade do	Rogério Oliveira	Uma rede de monitoramento com 18 locais de medição.	Sonda de Nêutrons	A sonda de nêutrons apresenta elevada

solo em uma bacia hidrográfica no semiárido Pernambucano	de Melo <i>et al.</i>	As medições de umidade volumétrica analisados foram realizadas nas profundidades 0,0 – 0,2 m e 0,2 – 0,4 m		confiabilidade de leitura e baixa incerteza, devido à escala de medição (área de influência), e a não existência de interferência da salinidade da água nas leituras.
Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho em semiárido nordestino.	Tatyana Keyty de Souza Borges <i>et al.</i>	As parcelas experimentais, delimitadas por alvenaria, apresentaram dimensões efetivas de 4,5 m de largura × 11 m de comprimento, perfazendo uma área de 49,5 m <sup>2</sup> , sendo a maior dimensão no sentido do declive. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo eutrófico abrúptico, com declividade de 5%. O monitoramento da umidade do solo ocorreu nas profundidades de 0,20 e 0,40 m.	Sonda de Nêutrons	Medições precisas, mas que levam 30 segundos para atingir a precisão desejada.
Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR)	Thais E. M. dos Santos	O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico típico. A determinação das perdas de água foi realizada em campo, em quatro parcelas experimentais instaladas em uma unidade de Argissolo; a parcela foi delimitada por	TDR	Permitem analisar a dependência temporal da umidade do solo para cada tratamento. Utilizando medições a cada 5 minutos o TDR permitiu a descrição detalhada da umidade do solo,

		alvenaria, com dimensão de 4,5 m de largura e 11 m de comprimento.		ao longo do tempo.
Variabilidade espacial da umidade das frações granulométricas do solo em um plantio de bananeiras irrigado no semiárido Pernambucano.	RENAT O AUGUSTO SOARES RODRIGUES <i>et al.</i>	O solo da área de estudo é caracterizado como Neosolo Flúvico. Para a determinação da variável umidade do solo os ensaios foram conduzidos em uma área com malha regular, espaçada de 8 m x 4 m, formando um “grid” 96 m x 32 m, totalizando 104 pontos amostrais	TDR	Os valores obtidos obedecem aos resultados que eram esperados decorrente da distribuição normal de frequência.
Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico	Genival Barros Junior <i>et al.</i>	O experimento se compunha de vinte e quatro parcelas, cada uma formada de um vaso plástico com 50 cm de diâmetro e 60 cm de altura, contendo 125 kg de solo, cultivando-se uma planta por vaso.	TDR	Não destrói a estrutura física do solo e permite a realização de múltiplas leituras, além de um número infinito de repetições.
Erosão Hídrica do Solo no Semi-árido Brasileiro: A Experiência na Bacia Experimental de Sumé	Vajapeyana S. Srinivasan <i>et al.</i>	Uma bacia de 137 km <sup>2</sup> (Gangorra), com 60% de solo bruno não cálcico, 20% de solo litólito e 20% de solo podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico; a bacia de Umburana (10,7 km <sup>2</sup> ), com 75% de solo bruno não cálcico mais ou menos vértico e 25% de solo litólito; e a bacia de Jatobá (27 km <sup>2</sup> ), com 80% de sua superfície com solo	Sonda de Nêutrons	Não informa a frequência das medições ou o porquê de ter sido utilizada a sonda de nêutrons.

		podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico muito permeável. As sub-bacias foram divididas em parcelas de 1m <sup>2</sup> .		
Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades.	Fabírcia Gratyelli Bezerra Costa <i>et al.</i>	O espaçamento utilizado no experimento foi o de 2,0 x 0,5 metros entre plantas. As parcelas experimentais foram constituídas de três fileiras de plantas de 20 m, sendo duas bordaduras e a fileira central a parcela útil	TDR	O TDR tornou possível as leituras de umidade e condutividade elétrica do solo de forma automática a cada dez minutos.
Mudanças de volume devido à variação do teor de água em um vertissolo no semiárido de pernambuco	Silvio Romero de Melo Ferreira <i>et al.</i>	A litologia da área de ocorrência do Vertissolo é representada por sedimentos da Formação Aliança, constituídos por siltitos, folhelhos e calcários de cores castanho e avermelhada	Análise Gravimétrica	Não foi informada a razão do uso.
Distribuição Radicular de Espécies para Adubação Verde e/ou Cobertura do Solo	Gizelia Barbosa Ferreira <i>et al.</i>	Em solo classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura média, A moderado, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. A área útil da parcela foi de 4 m <sup>2</sup> . O espaçamento utilizado foi de 0,50 x 0,50 cm	Tensiômetro	Não foi informada a razão do uso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da apuração dos resultados obtidos pelos autores, este trabalho obteve conclusões relevantes para a facilitação da escolha de qual dispositivo ou método utilizar para determinada situação do projeto, servindo de base para os pesquisadores, levando em conta a rigorosidade dos dados, assim como o vértice financeiro a qual o estudo se condiciona.

O TDR se sobressaiu aos demais dispositivos e métodos analisados, principalmente por suas características não destrutivas e agregadas a medições rápidas, automáticas, seguras e que possibilitam a automação do sistema utilizado, sendo seu problema o custo do dispositivo. A Sonda de nêutrons se destacou por possuir características semelhantes ao TDR, como suas medições não destrutivas e práticas, porém apresentou risco na operação por representar uma fonte de radiação. O Tensiômetro se mostrou efetivo em casos de estudos com menos rigorosidade ou condição financeira, apresentando-se como um dispositivo/método relativamente barato, porém por sua leitura manual traz uma menor preferência na sua utilização. O método da umidade Gravimétrica aparece como um ótimo método para calibração de TDRs e Sonda de nêutrons, porém, como método de obtenção da umidade do solo de forma repetida torna-se o menos preferível, por seu alto custo de material inicial -estufa de circulação de ar forçada-, e pelo grande espaço de tempo demandado para realização das medições.

## REFERÊNCIAS

A. C. A. GONÇALVES; M. V. FOLEGATTI; A. P. SILVA (1999). “Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central”. Rev. Bras. Ciênc. Solo Vol.23 no.1 Viçosa.

ANTONINO, ANTONIO CELSO DANTAS; SAMPAIO, EVERARDO V. S. B.; DALL’OLIO ATTILIO; SALCEDO, IGNÁCIO HERNAN (2000). “Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do brasil”. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.4, n.1, p.29-34, Campina Grande, PB, DEAG/UFPB.

BORIM, ANDRÉA CARLA ALVES; PINTO, CARLOS ALBERTO RAMOS (2006). “Medição de umidade no solo através de sensores capacitivos”. V.1, n.1.

BRESHEARS, DAVID D.; MYERS, ORRIN B.; JOHNSON, SUSAN R.; MEYER, CLINFTON W.; MARTENS, SCOTT N. (1997). “Differential use of spatially heterogeneous soil moisture by two semiarid woody species: *pinus edulis* and *juniperus monosperma*”. Journal of ecology 85. 289-299.

BRESHEARS, DAVID D.; RICH, PAUL M.; BARNES, FAIRLEY J.; CAMPBELL KATHERINE (1997). “*Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland*”. *Ecological applications*, 7(4). Pp. 1201-1215.

CAVANAUGH, MICHELLE L.; KURC, SHIRLEY A.; SCOTT, RUSSEL L. (2011). “*Evapotranspiration partitioning in semiarid shrubland ecosystems: a two-site evaluation of soil moisture control on transpiration*”. *Ecohydrol.* 4, 671-681.

COSTA, FABRÍCIA GRATYELLI BEZERRA; FERNANDES, MICHELANGELO BEZERRA; BARRETO, HERLON BRUNO FERREIRA; OLIVEIRA, ADRIANA DE FÁTIMA MENDES; SANTOS WESLEY DE OLIVEIRA (2012). “*Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com tdr sob irrigação com águas de diferentes salinidades.*” *Irriga, Botucatu*, v. 17, n. 3, p. 327 - 336, julho – setembro.

DE SOUZA BORGES, TATYANA KEYTY; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, ABELARDO ANTÔNIO; MONTEIRO DOS SANTOS, THAÍS EMANUELLE; DA SILVA, DEMETRIUS DAVID; DE PAULA E SILVA JUNIOR, VALDEMIR (2014). “*Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (zea mays l.) em semiárido nordestino*”. *Revista brasileira de ciência do solo*, vol. 38, núm. 6, novembro-diciembre, pp. 1862-1873 sociedade brasileira de ciência do solo Viçosa, Brasil.

DE MELO, ROGÉRIO OLIVEIRA; MONTENEGRO, DE ASSUNÇÃO, ABELARDO ANTÔNIO (2015). “*Dinâmica temporal da umidade do solo em uma bacia hidrográfica no semiárido pernambucano*”. *RBRH* vol. 20 no .2 Porto Alegre abr./jun., p. 430 – 441.

FERREIRA, ELVINO; DE RESENDE, ALEXANDER S.; BALIEIRO, FABIANO; ZOTARELLI, LINCOLN; DA SILVA, LUIZ ANTONIO; BACIS, MARCOS; ALFARO, MARIA ANTONIETA; ALVES, BRUJO J. R.; URQUIAGA, SEGUNDO (1998). “*Avaliação de diferentes tubos de acesso para medição da umidade do solo através do uso de sonda de nêutrons*”. Embrapa, seropédica, RJ, 1998.

FERREIRA, GIZELIA BARBOSA; DA SILVA, MARIA SONIA LOPES; E SILVA, SIBERY DOS ANJOS BARROS; MENDONÇA, CLÁUDIO EVANGELISTA SANTOS; GOMES, TÂMARA CLÁUDIO DE ARAÚJO; MENDES, ALESSANDRA MONTEIRO SALVIANO (2006). “*Distribuição radicular de espécies para adubação verde e/ou cobertura do solo*”. Embrapa, Petrolina, PE.

FERREIRA, SILVIO ROMERO DE MELO; FERREIRA, MARIA DA GRAÇA DE VASCONCELOS XAVIER (2009). “*Mudanças de volume devido à variação do teor de água em um vertissolo no semiárido de Pernambuco*”. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* vol.33 no.4 Viçosa jul/ago.

GOMES, EDILSON RAMOS; CASCOLIN, RENATA BRUNA DOS SANTOS; DE LIMA, JÉSSICA; ZUÑIGA, ENRIQUE ALONSO; MACHUCA, LUZ MARIA RUÍZ; BROETTO, FERNANDO (2017). “*Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica*”. *Rev. Bras. Agri. Irri.* V.11, nº.7, p. 2076 – 2083.

JUNIOR, GENIVAL BARROS; GUERRA, HUGO O. C.; CAVALCANTI, MARIO L. F.; DE LACERDA, ROGÉRIO D. (2008). “Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico”. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Vol.12 no.4 Campina Grande July/aug.

KLAR, A.E; NOVA N. A. VILLA; MARCOS, Z. Z.; CERVÉLLINI, A. (1966). “Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens”. An. Esc. Super. Agríc. Luiz de queiroz vol.23, Piracicaba.

KURC, SHIRLEY A.; SMALL, ERIC E. (2007). “Soil moisture variations and ecosystem-scale fluxes of water and carbon in semiarid grassland and shrubland”. Water resources research, vol 43.

LOPES DA SILVA, JOSÉ ROBERTO; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, ABELARDO ANTÔNIO; NORMANDIA MONTEIRO, ADRIANO LUIZ; DE PAULA E SILVA JUNIOR, VALDEMIR (2015). “Modelagem da dinâmica de umidade do solo em diferentes condições de cobertura no semiárido pernambucano”. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 10, núm. 2. pp. 293-303 Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil.

MORAIS, SÉRGIO OLIVEIRA (2006). “Sonda de neutrôns: finalidade de uso e aspectos operacionais”.

PLAZA, A. GÓMEZ; ROGEL, J. ALVAREZ; ALBALADEJO, J.; CASTILLO, V. M. (2000). “Spatial patterns and temporal stability of soil moisture across a range of scales in a semi-arid environment”. Hidrol. Process. 14, 1261-1277.

RODRIGUES, RENATO AUGUSTO SOARES; MONTENEGRO, ABELARDO ANTÔNIO ASSUNÇÃO; DOS SANTOS DANIELLA PEREIRA; MAGALHÃES, ADRIANA GUEDES; JÚNIOR, ROBERTSON DE PAIVA FONTES (2017). “Variabilidade espacial da umidade e das frações granulométricas do solo em um plantio de bananeiras irrigado no semiárido pernambucano”. Conex. Ci. E Tecnol. Fortaleza/CE, v. 11, n. 3, p. 134 - 143, nov.

SRINIVASAN, VAJAPAYAM S.; SANTOS, CELSO AUGUSTO GUIMARÃES; GALVÃO, CARLOS DE OLIVEIRA (2003). “Erosão hídrica do solo no semi-árido brasileiro: a experiência na bacia experimental de sumé”. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 8 n.2 abr/jun, 57-73.

TEIXEIRA, CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA; MORAES, SERGIO OLIVEIRA; SIMONETE, MARCIA APARECIDA (2005). “Desempenho do tensiômetro, tdr e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 29, núm. 2, pp. 161-168 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Brasil

THAIS E. M. DOS SANTOS; ABELARDO A.A. MONTENEGRO; DEMETRIUS D. SILVA (2011). “Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR)”. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Vol.15 no.7 Campina Grande, julho.