

DESENVOLVIMENTO DE SONDA CAPACITIVA PARA MEDIÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA EM ENSAIO DE UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO

THAYSSA RAMOS QUINTILIANO LIMA¹, JONATAS DE OLIVEIRA SOUZA²,
CONAN AYADE SALVADOR³, ANTONIO RENATO BIGANSOLLI⁴, MARINALDO
FERREIRA PINTO³

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ/Seropédica-RJ, Fone: (021)976385798, thaylimarq@gmail.com.

² Graduando em Engenharia de Materiais, UFRRJ/Seropédica-RJ.

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Adjunto, UFRRJ/Seropédica-RJ.

⁴ Físico, Prof. Adjunto, UFRRJ/Seropédica-RJ.

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Os ensaios de determinação da uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersão demandam muitas leituras e anotação de volume de água. Por ser uma tarefa repetitiva, o emprego de ferramentas eletrônicas/digitais seria uma grande contribuição para viabilizar a caracterização de uma maior quantidade de ensaio no campo ou no laboratório. Neste sentido, objetivou-se o desenvolvimento e avaliação de sensores capacitivos de placa plana, usados como sondas de medição do volume de água em coletores para avaliação da uniformidade de distribuição de água. A sonda é composta por uma placa retangular de cobre dupla face, formando um capacitor de placas paralelas, sendo uma das placas o cobre a outra a água. Como material dielétrico empregou-se uma mistura de resina epóxi e pó de vidro em diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20%). Após o ensaio de calibração, observou-se que a sonda apresentou uma relação linear entre o volume de água e a capacitância medida independente da proporção de pó de vidro, demonstrando que esta tem potencial para ser empregada como sensor de medição de volume dos coletores em ensaio de uniformidade de distribuição água em sistemas de irrigação por aspersão.

PALAVRAS-CHAVE: caracterização hidráulica, instrumentação, irrigação.

CAPACITIVE PROBE DEVELOPMENT TO MEASURE TESTING WATER VOLUME UNIFORMITY OF APPLICATION

ABSTRACT: The tests for determining the uniformity of water distribution in sprinkler irrigation systems require many readings and annotation of water volume. As it is a repetitive task, the use of electronic/digital tools would be a great contribution to enable the characterization of a greater amount of tests in the field or in the laboratory. In this sense, the objective was the development and evaluation of capacitive flat plate sensors, used as probes for measuring the volume of water in collectors to assess the uniformity of water distribution. The probe is composed of a rectangular double-sided copper plate, forming a capacitor of parallel plates, with one plate covering the other and water. As a dielectric material, a mixture of epoxy resin and glass powder in different concentrations (0; 5; 10; 15; 20%) was used. After the calibration test, it was observed that the probe showed a linear relationship between the water volume and the capacitance measured regardless of the proportion of glass dust, demonstrating that the probe has the potential to be used as a sensor for measuring the volume of the collectors in a uniformity test for water distribution in sprinkler irrigation systems.

KEYWORDS: hydraulic characterization, instrumentation, irrigation.

INTRODUÇÃO: No mundo, a agricultura é o setor que mais utiliza recursos hídricos potáveis, sendo responsável por cerca de 70% do seu consumo (FAO, 2012). Dessa forma, é imprescindível que a utilização deste recurso seja realizada de modo racional e eficiente. Uma das formas de se avaliar o desempenho da irrigação é pela sua uniformidade de aplicação (MENDOZA e FRIZZONE, 2012). No entanto, ensaios para determinação da uniformidade de aplicação, são onerosos e demandam tempo e trabalho, visto que é necessário mensurar a lâmina coletada em diversos pontos distribuídos ao longo do campo ou no laboratório (CHARLES, 2017). As medidas das variáveis devem ter como requisito baixa incerteza de medição (ABNT NBR 7749-2), o que pode ser alcançado utilizando metodologia e equipamentos confiáveis para que o resultado seja o mais fiel possível a realidade. Por ser uma tarefa repetitiva, o emprego de ferramentas eletrônicas/digitais seria uma grande contribuição para viabilizar a caracterização de uma maior quantidade de ensaio para mesma infraestrutura de laboratório. Além disso, o uso dessas ferramentas contribui para redução de falhas como a anotação errada de dados e erros de digitação, ou seja, erros inerentes ao operador. Uma alternativa é o emprego de sensores capacitivos, compostos por matérias de baixo custo (CARNEIRO et al., 1997). Como o vidro é um material isolante, acredita-se seu emprego juntamente com resina epóxi possa melhorar as características dielétricas dos sensores capacitivos. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de sonda capacitiva com diferentes concentrações de vidro na resina epóxi que compõe o material dielétrico, para medição do volume de água em ensaio uniformidade de aplicação de água por aspersores rotativos.

MATERIAL E MÉTODOS: O projeto foi realizado no Laboratório de Automação e Controle de Sistemas Agrícolas, situado no Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A sonda é composta por uma placa retangular de cobre dupla face, usada para montagem de circuito impresso (placa de fenolite). Esta tem 14,5 cm de comprimento e 1,1 cm de largura, formando um capacitor de placas paralelas, sendo uma das placas o cobre protegido por material isolante (material dielétrico) e a outra placa a água, que recebe a eletricidade por meio da outra face da placa de cobre, que foi mantida sem revestimento. Como material dielétrico se empregou uma mistura de resina epóxi e pó de vidro em diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20%). O pó de vidro foi oriundo da fragmentação de garrafas de âmbar, levadas ao moinho de alta energia modelo Rest 100 da Restch PM 100, pertencente ao Laboratório de Engenharia de Materiais do Departamento de Engenharia Química da UFRRJ. As partículas de vidro selecionadas para a composição do material dielétrico possuem diâmetro de inferior a 0,044 mm, obtidas a partir de peneiramento. Após confecção das sondas as mesmas foram inseridas em recipiente cilíndrico de 20 mm de diâmetro e 20 cm de comprimento, sendo adicionado 1 cm³ de água por vez até completar 40 cm³. Sendo assim, foi obtida a curva de calibração relacionando o volume de água adicionado à capacitância obtida. Para leitura da capacitância utilizou o capacímetro digital modelo MC-154A da Iminipa. De posse dos dados de capacitância e volume, ajustou-se as curvas de calibração por meio de regressão linear. Mediu-se a espessura da mistura resina e pó de vidro de todas as sondas por meio de paquímetro, visando padronizar a sensibilidade das sondas para a espessura de 2,5 mm. Para a padronização multiplicou-se a sensibilidade de cada sonda (coeficiente angular da equação de regressão) pela espessura e se dividiu por 2,5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 estão representados os gráficos da relação capacitância em função do volume de água para as cinco concentrações de pó de vidro testadas. Pode-se observar que as sondas apresentaram relação linear entre o volume de água e a capacitância obtida, apresentando em todos os casos coeficiente de determinação superior a

0,94. Este resultado prova que a sonda desenvolvida pode ser utilizada para obtenção de lâminas d'água nos ensaios de uniformidade de distribuição.

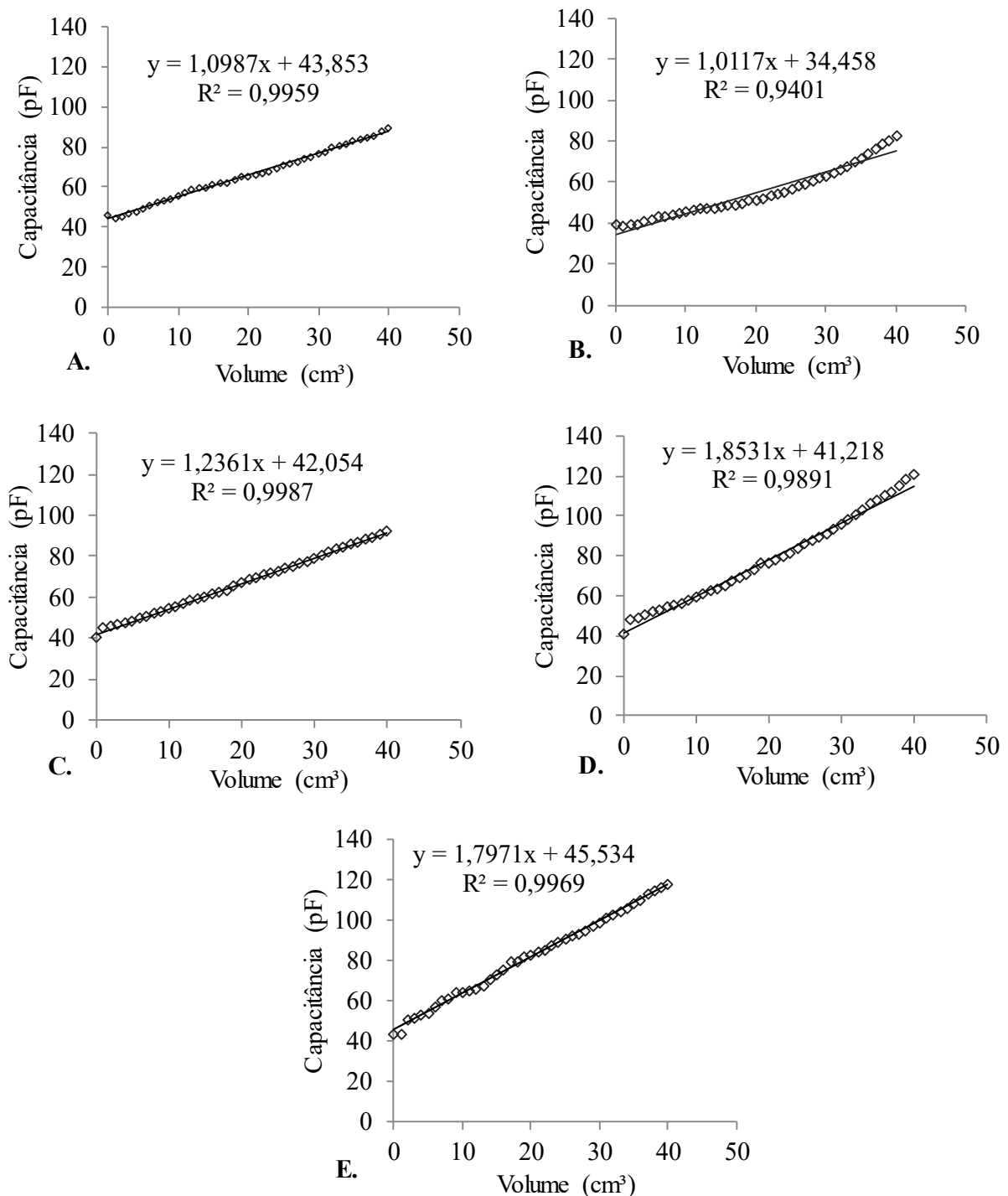


FIGURA 1. Relação entre a capacitância e o volume de água. A) Concentração 0% de pó de vidro na resina; B) Concentração 5% de pó de vidro na resina; C) Concentração 10% de pó de vidro na resina; D) Concentração 15% de pó de vidro na resina; E) Concentração 20% de pó de vidro na resina.

Na Tabela 1 estão representados os dados de espessura do revestimento das sondas, a sensibilidade e a sensibilidade padronizada para as cinco diferentes concentrações de pó de vidro. As sondas apresentaram espessuras médias variáveis entre si, tendo em vista que o

processo construtivo das mesmas se deu forma manual, o que dificulta o controle da espessura. As sondas com as concentrações de pó de vidro iguais a 0% e 5% apresentaram os menores valores de sensibilidade, enquanto as sondas com as concentrações de pó de vidro iguais a 15% e 20% apresentaram os maiores valores de sensibilidade. Entretanto, não é possível identificar uma tendência clara do efeito do pó de vidro por meio da sensibilidade das sondas. Isso se deve à desuniformidade da espessura da resina entre as sondas, que tem efeito sobre a capacitância. Por outro lado, quando se avaliou a sensibilidade padrão, percebe-se uma clara tendência de aumento com incremento da concentração de pó de vidro, demonstrando o aumento na constante dielétrica do capacitor. Esse aumento se deve ao fato de que a constante dielétrica da resina epóxi está entre 3,0 e 4,5, enquanto o vidro apresenta constante dielétrica igual a 6,9 (MORA, 2010).

TABELA 1. Espessura e sensibilidade das sondas

Concentração de pó de vidro na resina (%)				
0	5	10	15	20
Espessura da resina (mm)				
2,4	2,72	2,75	2,42	2,7
Sensibilidade das sondas (pF cm ⁻³)				
1,099	1,012	1,236	1,853	1,797
Sensibilidade padronizada das sondas (pF cm ⁻³)				
1,055	1,101	1,360	1,794	1,941

CONCLUSÕES: Diante dos resultados, conclui-se que o pó de vidro contribuiu para melhoria da sensibilidade da sonda medidora e que o modelo de sonda desenvolvido apresenta potencial para a determinação do volume de água em ensaios de avaliação de uniformidade de aspersores.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7749-2. **Equipamentos de irrigação agrícola - Aspersores rotativos - Parte 2: Uniformidade de distribuição e métodos de ensaio.** São Paulo, 2000. 06p.

CARNEIRO, c. J. G.; LIRA, C. A. B. O; SOBRINHO, J. A. M.; ANTONINO, A. C. D.; MELLO, F. L. V. Sensor capacitivo para medição do nível de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.6, p.617-620, 1997.

CHARLES, T. S. **Caracterização de aspersores rotativos por meio do perfil adimensional.** 2017. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.

FAO. **Dia Mundial da Água**, Santiago do Chile, 22 mar. 2012. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/DMApcqcn15mladFAO.asp>>. Acesso em 4 mar. 2020.

MENDOZA, C.J.C.; FRIZZONE, J.A. Economia de energia em irrigação por pivô central em função da melhoria na uniformidade da distribuição de água. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 3, p. 184 -197, 2012.

MORA, N. D. **Materiais Dielétricos.** In: Apostila de Materiais elétricos. Foz do Iguaçu, 2010.