



Análise da medição de umidade do solo utilizando sensores e estudo de um sistema para medição à distância

RESUMO

Adriano Ricardo de Abreu Gamba
adriano-gamba@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Sérgio Francisco Pichorim
pichorim@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

OBJETIVO: Realizar a análise de três sensores que podem ser usados para medir a umidade do solo a partir da detecção de suas grandezas elétricas, bem como efetuar um estudo de um sistema para medição à distância, via RFID em UHF, em que o módulo remoto (*tag*) pode detectar valores de grandezas elétricas e enviá-los para o leitor. **MÉTODOS:** Um sensor resistivo teve seu comportamento medido com base no instrumento de referência MO750, da empresa *Extech Instruments*. Outrossim, dois sensores capacitivos construídos em placas de circuito impresso (PCI), um com trilhas paralelas interdigitais e outro com bobinas bifilares, foram usados na realização de um experimento em que uma amostra de terra inicialmente umedecida foi secando naturalmente com o tempo, visando-se examinar a variação da condutância e da capacitância com a variação da umidade do solo. O sistema de medição à distância, composto do *tag* e do leitor, ambos da empresa AMS, foi analisado comparando-se os valores dos componentes elétricos colocados na entrada do *tag* com os valores lidos pelo leitor. **RESULTADOS:** Foram feitas curvas de ajuste (*fitting*), que representam a variação das grandezas elétricas com a umidade do solo, além da obtenção da faixa de operação do módulo remoto. **CONCLUSÕES:** Comparando-se as faixas de operação dos sensores com às do módulo remoto, conclui-se que a união de ambos é possível a fim de se criar um sistema de telemetria para medição de umidade do solo que pode vir a ser aplicado em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Medição de umidade. Sensor. Telemetria.

1 INTRODUÇÃO

A umidade do solo é um aspecto que varia com o ambiente e cuja análise evidência várias características do meio onde se encontra. Assim sendo, a sua medição vem a ser importante em várias áreas, pois permite, por exemplo, estudos relacionados à proliferação de vida, ao transporte de nutrientes no interior da terra, e ainda na supervisão da quantidade de água em encostas ou em demais fenômenos geológicos (PICHORIM et al, 2014; AEMC, 2002).

Uma vez que a condutividade do solo está diretamente relacionada com a sua umidade, é possível, a partir da medição de suas características elétricas, medir a sua umidade (BAI et al, 2013). À vista disso, neste trabalho, três sensores passivos (que não precisam de bateria para funcionar) foram testados: um sensor resistivo e dois sensores capacitivos. A partir destes sensores, visou-se observar como as características elétricas do solo variam com a sua umidade.

Além do mais, foi feito um estudo de um sistema de telemetria onde o módulo remoto (*tag*) feito com o CI SL900A da empresa AMS, o qual incorpora sensores internos e um sistema de identificação por radiofrequência (RFID), foi usado em conjunto com um leitor de frequência ultra-alta (UHF) NEWTON, da mesma empresa, para se fazer um enlace de comunicação que permite a realização de medidas à distância.

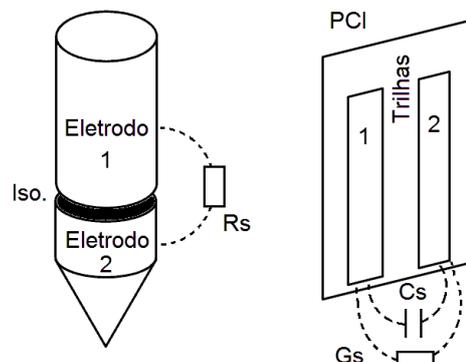
Assim, esse trabalho pretendeu realizar estudos para permitir a criação de um sistema de telemetria completo para medir a umidade do solo à distância.

2 MÉTODOS

2.1 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS COM A UMIDADE DO SOLO PARA OS SENSORES UTILIZADOS

O sensor resistivo consiste de uma haste metálica com dois eletrodos de aço inox em formato cilíndrico, onde a resistência (R_s) é medida entre seus eletrodos (figura 1). Esse sensor foi medido com base no medidor de umidade comercial MO750 da empresa *Extech Instruments*. O procedimento de análise consistiu em colocar vários valores de resistores em seus terminais, e associar a cada valor de resistência um valor de porcentagem de umidade dado pelo medidor.

Figura 1- Sensores utilizados. Sensor resistivo à esquerda e sensor capacitivo à direita



Com os dados obtidos, foi levantada a curva de funcionamento do sensor, a qual relaciona a resistência com a umidade.

Já com relação aos sensores capacitivos (figura 1), estes são construídos sobre PCBs planas, sendo as trilhas impressas na placa de duas maneiras diferentes, sendo para cada sensor: um com trilhas paralelas e o outro com bobinas bifilares. Estes sensores conseguem medir a capacitância (C_s) e a condutância (G_s) do meio onde estão inseridos.

O procedimento de análise deste sensor consistiu na realização do seguinte experimento: Inicialmente, uma amostra de solo foi coletada, peneirada e seca. Em seguida, ela foi colocada em um copo de béquer junto com os sensores, os quais foram enterrados de modo que suas áreas úteis ficaram completamente submersas na amostra. Após isso, a amostra foi umedecida com 20% de umidade.

Conforme a amostra foi secando naturalmente com o tempo, a sua umidade foi monitorada via medição do seu peso total, ao passo que foram sendo realizadas medidas de capacitância e condutância dos sensores. Essas medidas foram realizadas com o analisador de impedâncias Agilent 4294A.

Com os dados coletados, foram-se feitas curvas ajustadas através do modelo sigmoidal de Boltzmann, as quais relacionam a capacitância e a condutância com a umidade do solo.

2.2 ESTUDO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS À DISTÂNCIA

Um módulo de comunicação remoto (*tag*) que funciona via RFID e uma unidade leitora, ambos da empresa austríaca AMS, foram analisados em conjunto na feitura de um sistema de medição à distância.

O *tag*, constituído do circuito integrado (CI) SL900A e de uma antena dipolo interna, trabalha de forma passiva, ou seja, sem bateria, de maneira que a sua alimentação vem do próprio campo eletromagnético gerado pela unidade leitora afastada de poucos metros. Visto que o CI possui pinos e modos de operação que o permitem funcionar como vários tipos de sensores, neste trabalho, foram analisadas configurações de sensores resistivo, capacitivo e condutivo.

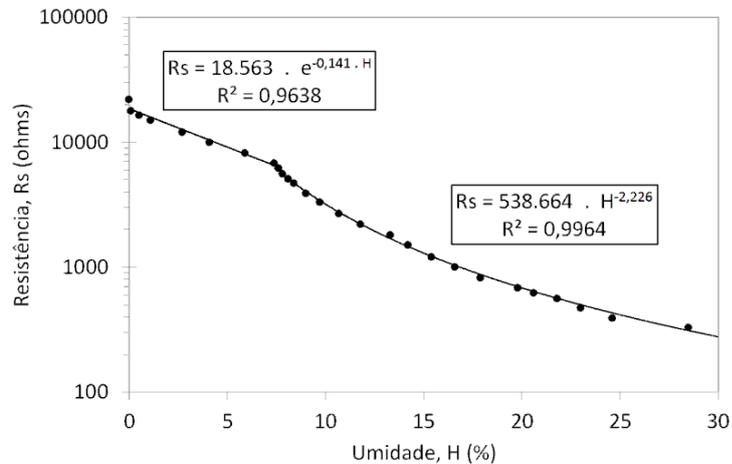
E com o propósito de ler os valores detectados pelo *tag*, foi utilizada como unidade leitora o NEWTON *demo reader*, o qual é um leitor de RFID em UHF pré-programado para se trabalhar com o CI SL900A.

Ensaio do funcionamento do SL900A como sensor, em conjunto com a unidade leitora NEWTON, foram feitos a partir da comparação dos valores dos componentes colocados nas entradas do *tag* com os valores lidos pelo leitor. Os ensaios feitos avaliaram a distância máxima que o sistema consegue operar, a sua confiabilidade e a sua faixa de operação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

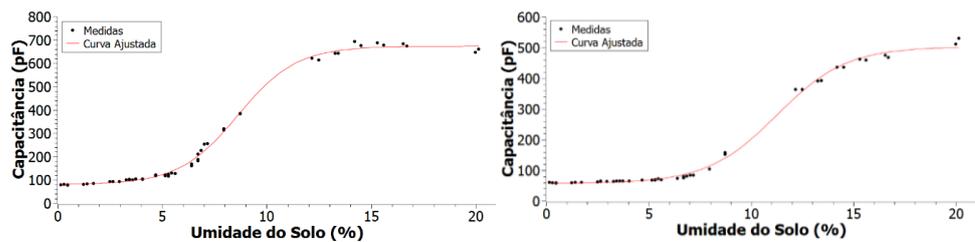
A figura 2 apresenta a curva obtida a partir da análise do sensor resistivo, bem como as correlações (R^2) e equações obtidas. Observa-se que o gráfico apresentou um comportamento diferente para umidades menores que 7% e para umidades maiores que 7%.

Figura 2 – Variação da resistência com a umidade do solo para o sensor resistivo



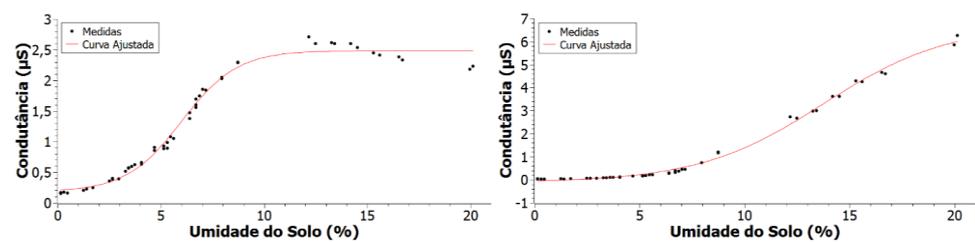
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 3 – Variação da capacitância com a umidade para os sensores capacitivos baseados em trilhas paralelas (à esquerda) e em bobinas bifilares (à direita)



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 4 – Variação da condutância com a umidade para os sensores capacitivos baseados em trilhas paralelas (à esquerda) e em bobinas bifilares (à direita)



Fonte: Autoria própria (2017).

Com relação aos sensores capacitivos, na figura 3 são apresentadas as curvas que representam a variação da capacitância com a umidade, onde as correlações resultaram em 0,9973 para o sensor de trilhas paralelas e em 0,9971 para o sensor de bobinas planas. Já na figura 4 são apresentadas as curvas que representam a variação da condutância com a umidade, onde as correlações resultaram em 0,9875 para o sensor de trilhas paralelas e 0,9950 para o sensor de bobinas planas.

As curvas obtidas para os sensores estudados, as quais relacionam as grandezas elétricas com a umidade, mostram as faixas de operação dos sensores e ainda apresentaram bons valores de R^2 (maiores que 0,96).

Por fim, a tabela 1 apresenta os resultados referentes aos testes realizados com o sistema de medição à distância de 30cm, a qual foi a distância máxima que o sistema conseguiu operar com uso da antena interna do leitor. Verifica-se que os erros máximos foram maiores que os médios pois houveram maiores discrepâncias, nos extremos das escalas, entre os valores detectados e lidos.

Tabela 1 – Resultados do estudo do sistema de medição à distância

Sensor	Faixa de operação	Erro médio	Erro máximo
Capacitivo	33pF até 680pF	11,5%	19,8%
Condutoivo	0,3uS até 20uS	3,49%	15,85%
Resistivo	820Ω até 40kΩ	8%	36%

Fonte: Autoria própria (2017).

4 CONCLUSÕES

A partir da comparação das faixas de operação dos sensores com às do módulo remoto, conclui-se que é possível a criação de um sistema de telemetria completo a partir do acoplamento dos sensores ao módulo remoto. Esse sistema de telemetria seria capaz de medir a umidade do solo à distância e ainda enviar esses dados, via RFID em UHF, para um computador, e sem gastar muita energia, devido aos comportamentos passivos dos sensores e do *tag*.

Assim, futuros trabalhos podem ser feitos para se explorar a realização desse sistema, bem como ao seu aperfeiçoamento e à sua aplicação em campo, uma vez que este sistema de telemetria encontraria várias aplicações em várias áreas.

Analysis of soil humidity measurement using sensor and study of a distance measurement system

ABSTRACT

OBJECTIVE: Perform the analysis of three sensors that can be used to measure soil moisture from the detection of their electrical magnitudes, as well as to perform a study of a system for remote measurement, by UHF in RFID, in which the remote module (tag) can detect values of electrical quantities and send them to the reader. **METHODS:** A resistive sensor was measured based on the reference instrument MO750 from Extech Instruments. In addition, two capacitive sensors constructed on printed circuit boards (PCB), one with interdigital parallel traces and the other with bifilar coils, were used in an experiment in which an initially moistened earth sample was drying naturally with time, aiming to examine the variation of the conductance and the capacitance with the variation of soil moisture. The distance measurement system composed of the tag and the reader, both from the AMS company, was analyzed by comparing the values of the electrical components placed at the entrance of the tag with the values obtained by the reader. **RESULTS:** Curve fittings were performed, which represent the variation of the electric quantities with the soil moisture, besides obtaining the operating range of the remote module. **CONCLUSIONS:** Comparing the operating ranges of the sensors with those of the remote module, it is concluded that its union is possible in order to create a telemetry system for soil moisture measurement that can be applied in the field.

KEYWORDS: Moisture measurement. Sensor. Telemetry.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Brasil.

REFERÊNCIAS

PICHORIM, S. F.; MARCIS, V. A.; LASKOSKI, G. T. Humidity in sandy soil measured by passive, wireless, and resonant sensor with bifilar coil. **In proceedings of First Latin-American Conference on Bioimpedance**, Joinville, Santa Catarina, Brazil, 2014.

AEMC Instruments. **Understanding Ground Resistance Testing**. 15. ed. Foxborough, 2002. Disponível em:
<http://www.aemc.com/techinfo/techworkbooks/ground_resistance_testers/950-WKBK-GROUND-WEB.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

BAI, W.; KONG, L.; GUO, A. Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil. **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**. Wuhan, v. 5, n. 5, p. 406-411, jun. 2013.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

GAMBA, A. R. A. et al. Análise da medição de umidade do solo utilizando sensores e estudo de um sistema para medição à distância. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Adriano Ricardo de Abreu Gamba.

Rua Germânia, número 190, casa 13, Cajuru, Curitiba, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

