

Desenvolvimento de um Sensor Capacitivo de Umidade de Grãos de Soja

FRANCIELE KROESSIN¹; GIZELE INGRID GADOTTI² E ÁDAMO DE SOUZA ARAÚJO³

1Universidade Federal de Pelotas – kroessinkroessin@gmail.com

2Universidade Federal de Pelotas – adamoeng@gmail.com

3Universidade Federal de Pelotas – gizeleingrid@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A área de cultivo da soja (*Glycine max* L. Merrill) está em plena expansão e com ela a maior necessidade de incrementar produtividade, a fim de atender a demanda global de alimentos. Além disso, a soja é utilizada como matéria prima para óleos e fabricação de ração, assim, seu aumento na produtividade se torna necessário. Para a safra 2016/2017 a produção estimada, foi de 125 milhões de toneladas (CONAB, 2016).

As propriedades físicas de grãos, tais como massa específica, teor de água, temperatura e composição química são parâmetros importantes, e muitas vezes utilizados para determinar a qualidade e as condições favoráveis para o beneficiamento e armazenamento seguro. Estas propriedades podem ser determinadas de forma indireta, rápida e não destrutiva por meio de medições da permissividade dielétrica. Com a crescente demanda por monitoramento e controle *online* em indústrias altamente automatizadas, a aplicação deste conceito seria fornecer uma solução adequada para a medição dessas propriedades (TRABELSI; KRASZEWSKI; NELSON, 1999).

A medição rápida, exata e precisa do teor de água de grãos é de grande importância nas operações de colheita, secagem, armazenamento, comercialização e beneficiamento de produtos agrícolas. No entanto, a determinação do teor de água utilizando-se método-padrão, como os da estufa com convecção gravitacional ou forçada é muito demorada, podendo, em alguns casos, se estender por até 72 h. Esse tipo de medição está se tornando satisfatória apenas para um número limitado de operações de rotina em unidades de manuseio de grãos (BERBERT et al., 2004).

As propriedades dielétricas ou permissividade de materiais agrícolas e produtos alimentares são bons parâmetros para determinar a forma como eles interagem com um campo elétrico. As frequências de micro-ondas, assim como as propriedades dielétricas determinam a taxa de aquecimento que os materiais sofrem ao serem submetidos a intensos campos elétricos nessas frequências (SACILIK; COLAK, 2010).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sensor capacitivo para medir a umidade de grãos de soja.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático de Pós-Colheita do Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas, RS. Foi utilizado grãos

de soja, oriundos da safra 2017/2018 com massa específica de 700kg m^{-3} , umidade inicial em média de 11%.

Nos testes foi utilizada uma mistura de grãos de soja das cultivares, para se obter valores médios para essa espécie.

Um sensor capacitivo foi projetado para que o volume de grãos no seu interior fosse de aproximadamente 250mL, tendo em vista o volume utilizado convencionalmente em balança de peso hectolitro.

Para realizar as aferições, foi acoplado ao sensor um medidor de resistência, capacitância e indutância (LCR). Foi utilizado o modelo U1731C da *Keysigth Technologies*®.

Neste trabalho foram utilizadas as frequências 1k, 10k e 100kHz.

Para obtenção da temperatura e umidade relativa do ar foi utilizado um termo higrômetro da marca *Instrutherm*®, que realizava na mesma ponteira as medições das duas grandezas, sendo que as acurácias para a temperatura eram de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de 1,5% para a umidade relativa do ar.

Para obter a permissividade do material se abastece o sensor com grãos no seu interior, retirando o excesso, se obtendo a medida de Capacitância cheio (C_{cheio}). Logo após realiza-se a medida com o sensor vazio (C_{vazio}). A razão entre a medida do sensor abastecido e do sensor vazio é diretamente a permissividade causada pelo material.

Para realizar a análise dos efeitos teor de água na permissividade dielétrica do sensor, utilizaram-se seis níveis de teor de água.

Na obtenção dos teores de água, foram utilizadas amostras com massa específica aproximadamente constante. O teor de água da amostra média, foi de 11% (b.u.). Obtido pelo método da estufa, a 105°C (BRASIL, 2009). A partir desse teor de água, utilizaram-se duas metodologias para redução e aumento desses níveis.

A redução foi obtida em um secador de amostra, sendo colocadas diversas amostras e retiradas em intervalos de tempo pré-definidos por testes preliminares. Esse procedimento possibilitou a obtenção de três níveis abaixo do valor inicial: 8%, 9% e 10% (b.u.). Cada amostra foi colocada em um dessecador para alcançar equilíbrio com a temperatura ambiente. Logo após, realizava-se a medição pelo sensor e retirava-se amostras para a determinação do teor de água.

O acréscimo do teor de água foi obtido colocando as amostras, com o teor de água inicial de 11% (b.u.), em estufa a 35°C e em ambiente saturado para elevar a umidade relativa do ar. Com essa temperatura mais elevada que a temperatura ambiente média aumentou-se a velocidade de absorção de água pelos grãos. Os grãos por serem higroscópicos tendem a atingir o equilíbrio higroscópico com o teor de água e a umidade relativa do ar. Assim, com a umidade relativa do ar próxima a 100%, os grãos aumentam seus teores de água. Após isso, as amostras foram colocadas em dessecador para equilibrar-se com a temperatura ambiente. Esse procedimento, permitiu a obtenção de dois níveis de teor de água, 12 e 13% (b.u.) acima do valor inicial. O procedimento de determinação da umidade final foi semelhante ao citado anteriormente.

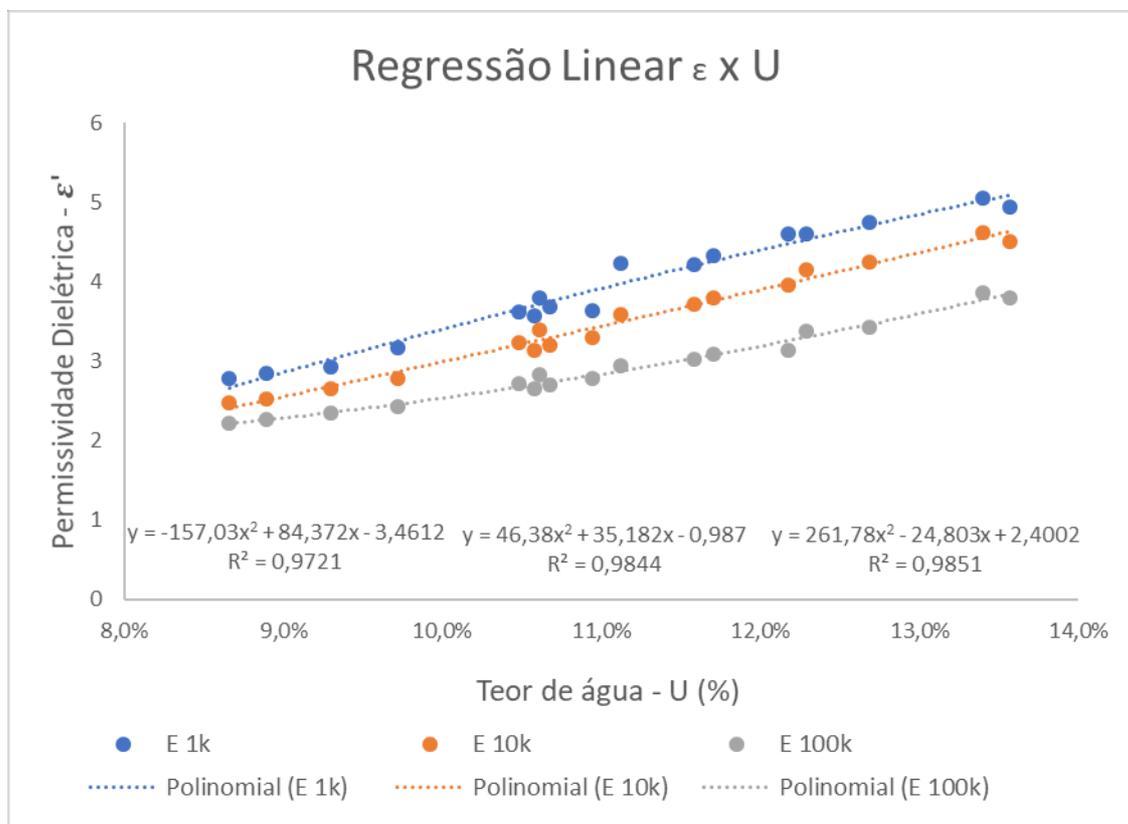
Para análise estatística foram utilizadas três repetições para cada níveis de frequência analisado. Os fatores analisados foram: permissividade dielétrica total (ϵ), permissividade, e teor de água (U) dos grãos. Todos os fatores foram medidos em três frequências (1, 10 e 100 kHz). Foram utilizados testes de correlação múltipla e regressão linear múltipla por meio de uma superfície de resposta.

Após a análise de dados foi determinado um modelo estatístico que se descreve essa propriedade física e validado por meio de correlação linear de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados da regressão linear (Figura 6), ao se fixar o teor de água das amostras e temperatura, verificou-se que há maior linearidade e estabilidade dos dados nos resultados para massa específica na frequência de 100 kHz, que se apresentou como mais adequada para o sensor em desenvolvimento.

Figura 1: Regressão linear das massas específicas de grãos de soja com as permissividades dielétricas reais nas frequências 1kHz, 10 kHz e 100 kHz.



O sensor desenvolvido é eficiente para determinar a massa específica (ρ) de sementes, porém, é necessário que haja conhecimento prévio do teor de água (U) das sementes a serem medidas e, realizar a correção da temperatura (T), que pode ser facilmente medida com um sensor de temperatura dentro do sensor de capacitivo.

4. CONCLUSÕES

O sensor capacitivo desenvolvido é eficiente para determinar a umidade (U) de grãos de soja.

O aumento da frequência de medição do sensor constitui-se em um fator que melhora a estabilidade dos dados.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERBERT, P. A. Avaliação de três modelos dielétricos derivados da função $[(\epsilon' - 1)/\epsilon'']$ na estimativa do teor de água de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 8, n. 1, p.92-101, 14 fev. 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. p. 309, 315, 316.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**. v.2, n.10 (2015) - Brasília: Conab, 2015, 82p.
- SACILIK, KI; COLAK, A. Determination of dielectric properties of corn seeds from 1 to 100 MHz. **Powder Technology**. Ankara, p. 365-370. 17 abr. 2010.
- TRABELSI, S.; KRASZEWSKI, A. W.; NELSON, S. O. Determining physical properties of grain by microwave permittivity measurements. **1999 American Society Of Agricultural Engineers: Transactions of the ASAE**, Beltsville, v. 2, n. 42, p.531-536, 1999.