

# INFLUÊNCIA DO TEOR DE UMIDADE NAS PROPRIEDADES DIELÉTRICAS DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) NO INTERVALO DE 500 kHz A 5 MHz<sup>1</sup>

Pedro Amorim BERBERT<sup>2</sup>, Brian C. STENNING<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho consistiu na determinação da influência do teor de umidade nas propriedades dielétricas do trigo (*Triticum aestivum* L.) no intervalo de frequências entre 500 kHz e 5 MHz. Os resultados permitem concluir que os valores dos componentes real e imaginário da permissividade complexa relativa,  $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$ , são extremamente dependentes da frequência de oscilação do campo elétrico e do teor de umidade do produto. Os valores de  $\epsilon'$ , para todos os teores de umidade, diminuíram à medida que a frequência era aumentada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teor de umidade, trigo, propriedades dielétricas

**ABSTRACT:** This report describes the influence of frequency and moisture content on the dielectric properties of hard winter wheat, *Triticum aestivum* L., varieties Hussar, Mercia, and Hereward, in the frequency range from 500 kHz to 5 MHz. The results showed that the values of the real and imaginary parts of the complex relative permittivity,  $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$ , are extremely dependent on the frequency of the applied field and the moisture content of the product. Values of  $\epsilon'$ , for all values of moisture content, decreased as frequency increased.

**KEYWORDS:** Moisture content, wheat, dielectric properties

**INTRODUÇÃO:** O conhecimento das propriedades dielétricas de grãos e sementes em radiofrequências é de fundamental importância no desenvolvimento de medidores elétricos de teor de umidade que forneçam resultados mais exatos e precisos. Os medidores atualmente existentes utilizam parâmetros elétricos obtidos em determinado circuito e são posteriormente calibrados usando-se o método padrão de estufa. Estes parâmetros não são considerados propriedades fundamentais da matéria. As propriedades dielétricas usualmente associadas ao teor de umidade de produtos agrícolas são a permissividade elétrica relativa,  $\epsilon'$ , e o fator de perda dielétrica,  $\epsilon''$ , que representam, respectivamente, os componentes real e imaginário da permissividade elétrica complexa relativa,  $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$ . A permissividade relativa,  $\epsilon'$ , de determinado material representa sua capacidade de armazenar parte da

<sup>1</sup>Parte da dissertação de doutorado apresentada pelo primeiro autor à Cranfield University, UK

<sup>2</sup>PhD em Pré-processamento de Produtos Agrícolas, Recém-Doutor (CNPq), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000, Viçosa- MG, Fone (031) 899-1919, Fax (031) 899-2735, E-mail pberbert@mail.ufv.br

<sup>3</sup>Professor do Postharvest Technology Department, Cranfield University, Silsoe, Bedford MK45 4DT, UK

energia do campo elétrico, ao passo que o fator de perda dielétrica,  $\epsilon''$ , está associado à quantidade de energia dissipada pelo dielétrico quando submetido a um circuito de corrente alternada. O objetivo deste trabalho consistiu na determinação da influência do teor de umidade nas propriedades dielétricas do trigo (*Triticum aestivum* L.) no intervalo de frequências entre 500 kHz e 5 MHz. Os dados aqui obtidos serão posteriormente utilizados no desenvolvimento de modelos matemáticos que permitam a determinação em linha do teor de umidade dos grãos independentemente da massa específica aparente do produto.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Todas as medições de propriedades dielétricas foram feitas utilizando-se sementes certificadas de trigo, *Triticum aestivum* L., variedades Hussar, Hereward e Mercia. A medição dos parâmetros elétricos das amostras foi feita mediante utilização de um medidor LCR de precisão capaz de medir 12 parâmetros de impedância,  $|Z|e^{j\theta}$ , em frequências de teste de 75 kHz a 30 MHz. As propriedades dielétricas foram determinadas em incrementos de 100 kHz no intervalo entre 500 kHz e 1 MHz e em incrementos de 1 MHz no intervalo entre 1 MHz e 5 MHz, utilizando-se uma voltagem efetiva de 1,0 V<sub>ef</sub>. Os valores de  $\epsilon'$  e  $\epsilon''$  foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Lawrence e Nelson (1993). Todas as medições elétricas foram feitas num ambiente com temperatura e umidade relativa variando de 21 a 24°C e 50 a 65%, respectivamente.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As curvas representando as variações de  $\epsilon'$  e  $\epsilon''$  em função do teor de umidade do trigo, variedade Mercia, e da frequência de oscilação do campo elétrico, para valores similares de massa específica aparente, são mostradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Para determinado valor de frequência, a permissividade relativa do trigo e o fator de perda dielétrica são tanto maiores quanto maior o teor de umidade da amostra. A variação, tanto de  $\epsilon'$  quanto de  $\epsilon''$ , quando variava-se o teor de umidade, era mais acentuada no intervalo de menores frequências do que em frequências mais elevadas. Para a frequência de 5 MHz e massa específica aparente de 800 kg m<sup>-3</sup>, a permissividade relativa é uma função linear do teor de umidade da amostra [ $r^2 = 0,99$ ].

**CONCLUSÕES:** Os resultados permitem concluir que os valores dos componentes real e imaginário da permissividade complexa relativa do trigo,  $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$ , são extremamente dependentes da frequência de oscilação do campo elétrico (500 kHz  $\leq$  f  $\leq$  5 MHz) e do teor de umidade do produto (11% b.u.  $\leq$  U  $\leq$  22% b.u.). Este fato indica que os parâmetros dielétricos podem vir a ser utilizados no desenvolvimento de medidores de teor de umidade de produtos agrícolas e que, certamente, fornecerão resultados mais exatos e precisos que os obtidos com os medidores atualmente disponíveis no mercado.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:**

LAWRENCE, K.C.; NELSON, S. O. **Radio-frequency density-independent moisture determination in wheat.** Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, vol. 36, p. 477-483, 1993

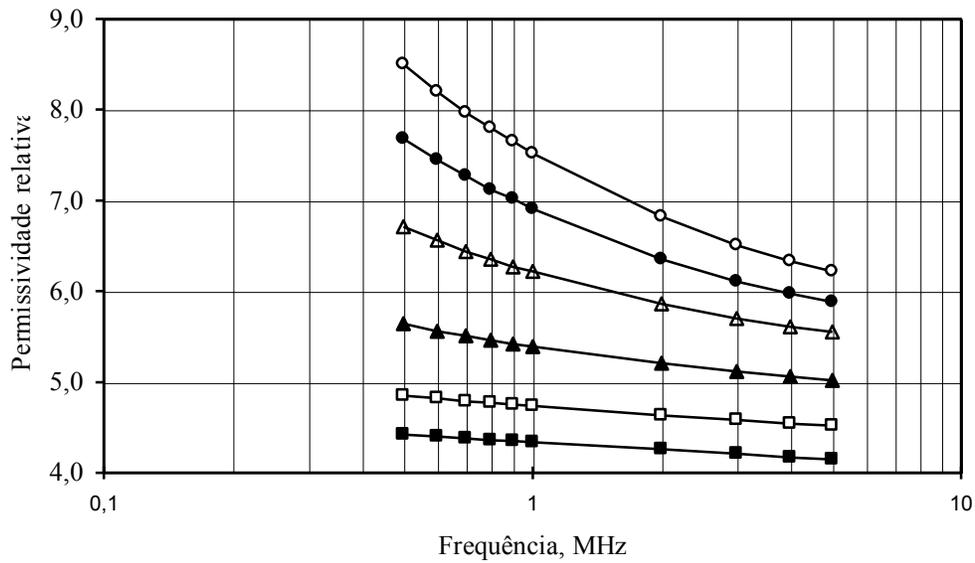


FIGURA 1 Variação da permissividade relativa,  $\epsilon'$ , do trigo, variedade Mercia, em função da frequência, para diferentes valores de teor de umidade e massa específica aparente, a 21°C - 24°C. ■, 12,0% (795 kg m<sup>-3</sup>); ▾, 13,8% (796 kg m<sup>-3</sup>); ▲, 15,9% (795 kg m<sup>-3</sup>); △, 18,1% (800 kg m<sup>-3</sup>); ●, 19,8% (783 kg m<sup>-3</sup>); ○, 22,1% (765 kg m<sup>-3</sup>)

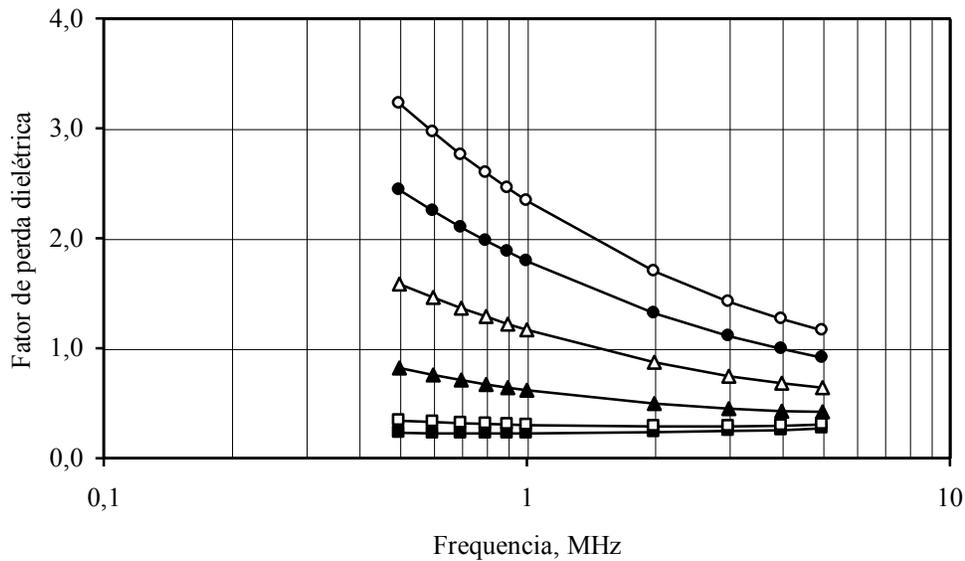


FIGURA 2 Variação do fator de perda dielétrica,  $\epsilon''$ , do trigo, variedade Mercia, em função da frequência, para diferentes valores de teor de umidade e massa específica aparente, a 21°C - 24°C. ■, 12,0% (795 kg m<sup>-3</sup>); ▾, 13,8% (796 kg m<sup>-3</sup>); ▲, 15,9% (795 kg m<sup>-3</sup>); △, 18,1% (800 kg m<sup>-3</sup>); ●, 19,8% (783 kg m<sup>-3</sup>); ○, 22,1% (765 kg m<sup>-3</sup>)