

(DOI): 10.5777/PAeT.V5.N2.11

*Este artigo é apresentado em Português e Inglês com "Resumen" em Espanhol.**Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 145-154, 2012.***Nota Técnica****Resumo**

A determinação do teor de umidade durante a colheita, beneficiamento e armazenamento é de fundamental importância a manutenção da qualidade dos grãos e em sua comercialização. O objetivo deste trabalho foi comparar quatro métodos de determinação do teor de umidade ao método oficial de estufa 105°C/24h adotado pelas Regras para Análise de Sementes no Brasil. Foram utilizados grãos de milho e de soja, em dois diferentes teores de umidade.

Apenas para milho com grau de umidade baixo foram detectadas diferenças estatísticas entre os métodos de estufa 105°C/24h e 103°C/72h, entretanto, a diferença observada é considerada admissível pelas Regras para Análise de Sementes. Para grãos de milho, os resultados obtidos no método de resistência, no grau de umidade baixo, e pelos métodos de capacitância e destilação, nos dois graus de umidade, diferiram significativamente dos obtidos pelo método de estufa 105°C/24h. Para soja ocorreram diferenças estatísticas entre o método estufa 105°C/24h e os métodos de capacitância, de resistência e de destilação no grau de umidade baixo, porém, as diferenças observadas não ultrapassaram ao percentual admitido pelas regras. Já no grau de umidade alto, foram observadas diferenças significativas entre os métodos de resistência e de destilação e o estufa 105°C/24h.

Palavras-chave: capacitância; destilação; estufa; método de resistência.

Comparación de métodos para la determinación de la humedad en el grano de maíz y soja

Resumen

La determinación del contenido de humedad durante la cosecha, procesamiento y almacenamiento es esencial para mantener la calidad del grano y para su comercialización. El objetivo de este estudio fue comparar cuatro métodos para determinar el contenido de humedad en relación al método oficial en horno en 105 °C /24h adoptado por las Normas para el Análisis de Semillas en Brasil. Se utilizó maíz y soja con dos diferentes contenidos de humedad. Sólo para el maíz con bajo contenido de humedad se encontraron diferencias estadísticas entre los métodos de horno en 105 °C /24h y 103 °C /72h, sin embargo, la diferencia observada se considera admisible en las normas de análisis de semillas. Para granos de maíz, los resultados obtenidos con el método de la resistencia, en contenido de humedad bajo, y con los métodos de capacitancia y destilación en los dos grados de humedad, difieren significativamente de los obtenidos por el método de horno en 105 °C /24h. Para la soja se encontraron diferencias estadísticas entre lo método del horno en 105 °C /24h y los métodos de la capacitancia, resistencia y destilación, a bajo contenido de humedad, sin embargo, las diferencias no exceden el porcentaje permitido por las reglas. Ya en lo grado de humid alto se observó diferencias significativas entre los métodos de resistencia y de destilación con el horno en 105 °C /24h.

Palabras clave: método de capacitancia; destilación; horno; resistencia.

Introdução

Os procedimentos para preservação dos grãos compreendem várias etapas, vão desde a colheita até o seu armazenamento. A determinação

do teor de umidade ao decorrer do manejo torna-se de fundamental importância para a correta adoção das medidas da próxima etapa. Evitando assim, alterações significativas em sua qualidade e em seu valor comercial FRANDOLOSO et al. (1998); LOPEZ

Recebido em: 13/03/2012.

Aceito em: 03/08/2012.

1 Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid (PR-445), km 380, 86051-990, Londrina, PR, Brasil. E-mail:alinemoritz6@hotmail.com Autor para correspondência

2 Programa de Pós-Graduação Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. E-mail:thiago.ortiz@hotmail.com

3 Conab-Companhia Nacional de Abastecimento, Unidade Armazenadora de Cambé, PR. E-mail: agnelo.souza@conab.com.br

4 Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. E-mail: sadayo@uel.br

5 Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Londrina-PR, E-mail: claudemirca@uel.br.

Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v.5, n.2 mai/ago. (2012)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

(2006) e SARMENTO et al. (2006), principalmente durante o armazenamento, para preservação das suas características tanto físicas, químicas e qualitativas, quanto nutricionais para alimentação (TOSIN e POSSAMI, 2002). A manutenção da qualidade e o período de armazenagem dos grãos dependem do teor de umidade. A deterioração devido a insetos e fungos e a taxa nas quais os processos químicos e enzimáticos ocorrem nos grãos, estão fortemente relacionados à umidade (CADDICK, 2002). Em vista disto, a rápida e exata determinação do teor de umidade durante a colheita, no beneficiamento e armazenamento, é de extrema importância econômica.

Os métodos de determinação são divididos em duas categorias: diretos e indiretos. Os métodos diretos determinam o teor de umidade pela remoção do conteúdo de água. Enquadram-se nesta categoria os métodos de estufa, destilação, infravermelhos e Karl Fisher. Os indiretos utilizam as propriedades elétricas dos grãos, capacitância ou resistência, para a determinação do teor de umidade. Os grãos colhidos apresentam umidade alta para armazenamento, passando por processo de secagem, sendo a umidade de 13% no milho BARROS et al. (2001) e 10% para soja ESTEVÃO (2002), indicadas para o armazenamento seguro. Devido a sua rapidez e praticidade, os métodos indiretos, são usados no controle da secagem, armazenagem e nas transações comerciais. Sendo que, devido à sua maior confiabilidade, os métodos diretos são empregados como padrão para a aferição periódica dos métodos indiretos (DALPASQUALE, 2002).

O objetivo deste trabalho foi comparar quatro métodos de determinação do teor de umidade ao método oficial de estufa 105°C/24h adotado pelas Regras para Análise de Sementes no Brasil.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e no Laboratório de Sementes do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina, Paraná. Foram utilizados grãos de milho e de soja, safra 2006/2007, recebidos pela Unidade Armazenadora de Cambé, Paraná, da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). As amostras utilizadas representam os teores de umidade no recebimento pela unidade armazenadora e após a operação de secagem para o armazenamento dos grãos.

As amostras foram homogeneizadas, tiveram as impurezas, grãos avariados e verdes retirados. Posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em refrigeração por 144 h para uniformização do teor umidade. Os teores de umidade foram determinados com as amostras em temperatura ambiente.

Os métodos avaliados foram: estufa 105°C/24h (E24h), método oficial para determinação de umidade, estabelecido pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 1992), estufa 103°C/72h (E72h), método adotado pelos Estados Unidos (Asae, 1986), determinação elétrica por resistência (RES), determinação elétrica digital por capacitância (CAP) e determinação por destilação Brown-Duvel (DEST). Os equipamentos utilizados para avaliação desses métodos foram, respectivamente: estufa modelo 95076-17, da Cenco Instruments Corporations, estufa modelo 315/1, da Fanem Ltda, medidor modelo Universal, medidor CA-25II com o controlador automático de temperatura TH-30 e medidor digital G-800, todos da Indústria e Comércio Eletro Eletrônica Gehaka Ltda.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, 2x5x4, sendo duas espécies, cinco tratamentos e quatro repetições. A análise estatística foi realizada com análise de variância e Tukey para comparação das médias.

Resultados e discussão

Os métodos de determinação do teor de umidade estudados diferiram significativamente tanto para o milho como para a soja. A significância da interação método x grau de umidade mostrou comportamento diferenciado dos métodos nos dois níveis de umidade utilizados, indicando influência da espécie e do grau de umidade. Mesma constatação verificada por CAMPOS e TILMANN (1996) em estudo de comparação entre métodos oficiais para determinação de teor de umidade de cinco espécies vegetais. Os coeficientes de variação obtidos, 1,8% para soja e 1,06% para o milho, mostraram bom nível de precisão nos ensaios.

Pode-se observar que o método E24h apresentou valores inferiores aos obtidos pelo método E72h para o milho (Tabela 1).

Já para soja, o método E72h foi o que apresentou valores inferiores. Apenas para o milho com grau de umidade baixo (N1) foi detectada diferenças estatísticas entre os métodos E24h e E72h. Entretanto, a variação observada de 0,5

Tabela 1. Comparação entre os teores médios de umidade, obtidos com diferentes métodos, em dois níveis de umidade, em grãos de milho e de soja, UEL/IAPAR.

Produto	Método	Teor de umidade dos grãos b.u. (%)	
		N ₁	N ₂
Milho	Estufa 105°C/24h (E24h)	11,3 a*	22,1 a
	Estufa 103°C/72h (E72h)	11,8 b	22,6 a
	Capacitância (CAP)	12,5 cd	23,9 b
	Resistência (RES)	12,9 d	22,2 a
	Destilação (DEST)	12,1 bc	23,5 b
Soja	Estufa 105°C/24h (E24h)	11,7 a	14,6 a
	Estufa 103°C/72h (E72h)	11,5 a	14,4 a
	Capacitância (CAP)	12,0 b	14,6 a
	Resistência (RES)	12,2 b	15,9 c
	Destilação (DEST)	12,1 b	15,3 b

* Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tuckey, ($P \leq 0,05$).

pontos percentuais em relação ao método padrão, é considerada admissível pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) para teores de umidade inferiores a 20-25% b.u. (BRASIL, 1992). Esses mesmos resultados, com menores valores de umidade, utilizando o método E24h, apresentaram diferença estatística comparando com os métodos E24h e E72h com variação dentro do limite admissível, foram obtidos por LUZ et al. (1993) em seu estudo de comparação de métodos diretos de determinação de umidade.

Comparando-se os resultados obtidos pelo método oficial E24h, para milho, verificou-se que divergiram significativamente dos obtidos pelos métodos CAP e DEST, no grau de umidade alto (N2), e pelos métodos CAP, DEST e RES, no N1. Os valores obtidos por esses métodos foram superiores aos do método E24h, variando de 0,8 a 1,8 pontos percentuais. Acima, portanto, da variação tolerada de 0,5 pontos percentuais. Esses valores também são superiores aos tolerados pelo National Institute of Standards and Technology NIST (2006), utilizados por muitos países, que preconiza as tolerâncias de $\pm 5\%$ e de $\pm 4\%$ sobre os valores obtidos método estufa, na faixa de umidade até 25% b.u., para as culturas de milho e soja, respectivamente. Que nesse caso, seriam $\pm 0,6$ a 1,1 pontos percentuais de diferença em relação ao método E24h.

Para a soja ocorreram diferenças significativas entre o método E24h e os métodos CAP, RES e DEST no N1, sendo que as diferenças observadas não ultrapassaram os 0,5 pontos percentuais admitidos pela RAS. Já no N2, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o método E24h e os métodos RES e DEST. Os valores obtidos por esses dois

métodos foram superiores aos do método E24H em 1,3 e 0,7 pontos percentuais, respectivamente. Superiores, também, tanto quanto à variação tolerada pela RAS como à variação de tolerância do NIST, $\pm 0,6$ pontos percentuais de diferença em relação ao método E24h.

O equipamento oficial para determinação do teor de umidade nas transações comerciais dos Estados Unidos é o Dickey-john GAC 2100, que utiliza o método CAP (GIPSA, 2006). SINGH et al. (2003) comparando o teor de umidade de milho de seis equipamentos do método CAP e o método E72h, verificaram que na faixa de umidade até 25% b.u. todos os equipamentos apresentaram resultados dentro da tolerância aceita pelo NIST, sendo que, na comparação das médias de nove amostras de milho, tanto o oficial Dickey-john GAC 2100, como o Motomco 919, apresentaram variação inferior a 0,40 pontos percentuais em relação a E72h. Resultado inferior ao aceito pelo NIST, de 0,78 pontos percentuais, para a umidade na faixa de 15,64% b.u. Entretanto, no estudo, não foi obtido resultado similar com o milho.

O método RES, à exceção do milho com N2, foi o que apresentou maior variação em relação ao método E24h. Segundo HARA (2001) e DALPASQUALE (2002), esse método popularizado pelo equipamento "Universal", foi utilizado nos EUA até o início da década de 1960, quando foi substituído pelos equipamentos que utilizam o método CAP. Uma metodologia menos dependente da habilidade e da integridade do operador e da umidade presente na camada mais superficial dos grãos. No Brasil, entretanto, o medidor do tipo "Universal" ainda é utilizado, como o equipamento referencial, por muitos órgãos públicos e privados.

O método DEST é amplamente utilizado como um método de rotina ou como padrão para aferição periódica de equipamentos de métodos indiretos de determinação de umidade (RES e CAP), por fornecer resultados com bom nível de precisão e com rapidez, em relação ao método estufa (LUZ, 2002; HARA, 2001). Entretanto, nesse estudo, à exceção do milho com N1, foi o segundo método com maior fonte de variação em relação ao E24h. LUZ et al. (1993), utilizando o método destilação a óleo “pipoqueiro”, com temperatura a 200°C para o milho, concluíram ser um método comparável ao método E24h.

Devido à diversidade de métodos em estufa existentes para determinação do teor de umidade, internacionalmente não existe consenso sobre qual é o mais indicado como referência para aferição dos métodos indiretos (ASAE, 1980). O Brasil adota o método estufa 105°C/24 horas, enquanto que os Estados Unidos utilizam como referência, no caso do

milho, o método estufa 103°C/72 horas. Além disso, para evitar resultados conflitantes, é recomendável que os órgãos oficiais adotem um equipamento, considerando na resolução, na repetibilidade, na estabilidade e confiabilidade de suas medições, para que o utilizem como padrão na comercialização de grãos (PROCTOR, 1994).

Conclusões

Houve diferença nos teores de umidade entre os métodos avaliados em soja e milho, e alguns resultados ultrapassaram os 0,5 pontos percentuais admitidos pelas RAS.

Para soja, nos dois teores de umidade, os resultados do método de capacitância não ultrapassaram percentual admitido pelas RAS e poderiam substituir os métodos de estufa.

Referencias

- ASAE. **Moisture relationships of grains**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Yearbook, 1980. 218p.
- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. **Moisture measurement-grain and seeds, S352.1; Moisture measurement-forages, S358.1**. ASAE Standards, St. Joseph: The Society, 1986.
- BARROS, A.S.R.; DONI FILHO, L.; AHRENS, D.C.; EL TASSA-COLODEL, S.O.M. Qualidade de sementes de milho nas secagens intermitente rápida e contínua com altas temperaturas. **Scientia Agraria**, v.2, n.1-2, p.1-9, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365p.
- CADDICK, L. **Correct calibration lifts moisture meter accuracy**. Farming Ahead, n.129, p.36-38, 2002. Disponível em: <http://www.sgrl.csiro.au/comm/moisture_measurement.pdf>. Acesso: 22 de jun. 2007.
- CAMPOS, V.C.; TILLMANN, M.A.A. Comparação entre os métodos oficiais de estufa para determinação do grau de umidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.134-137, 1996.
- DALPASQUALE, V. A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. In: LORINI, I., MIIKE, L.H. ; SCUSSEL, V.M. **Armazenagem de grãos**. Instituto Biogenesis, 2002. p.191-212.
- ESTEVIÃO, C.P. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja tratadas e armazenadas em diferentes ambientes. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.113-132, 2002.
- GIPSA 2006. **Grain Inspections, Packers and Stockyard Administration. Equipment**. Disponível em: <<http://www.gipsa.usda.gov/GIPSA/webapp?area=home&subject=grpi&topic=sq-ae>>. Acesso: 27 de jun. 2007.
- FRANDOLOSO, V.; TILLMANN, M.A.; BAUDET, L. **Determinação do grau de umidade de sementes de cebola, cenoura e tomate em forno de microondas**. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p.48-57, 1998.
- HARA, T. Umidade incorreta. **Cultivar Máquinas**, n.2, p.24-25, 2001.

LOPEZ, E.M. **Evaluación de um medidor de contenido de humedad em granos basados em el principio de capacitancia eléctrica**. Simposio de Metrología CENAM, Outubro 2006. Disponível em: < <http://www.cenam.mx>>. Acesso: 25 de jun. 2007.

LUZ, C.; BAUDET, L.; TROGER, F. Comparação de métodos diretos para determinação do teor de água de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.2, p.157-163, 1993.

LUZ, M.L. Medidores de umidade. **Seed News**, v.6, n.1, 2002.

NIST - National Institute of Standards and Technology. **Specifications, tolerances, and other technical requirements for weighting and measuring devices**. HANDBOOK 44. 2007 Edition. Washington: U.S. Government Printing Office, 2006. 319p.

PROCTOR, D.L. (Ed.) **Grain storage techniques - Evolution and trends in developing countries**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994 (FAO Agricultural Services Bulletin No. 109). **Disponível em:** <<http://www.fao.org/docrep/T1838E/T1838E00.htm#Contents>>. Acesso: 22 de jun. 2007.

SARMENTO, A.P.; KRÜGER, D.S.; REDU, R.N.; LUZ, C.A.S.; LUZ, M.L.G.S.; VILLELA, F.A. **Determinação de uma equação de correção para o medidor de umidade Elotest 777**. In: **Anais do XV Congresso de Iniciação Científica e VIII Encontro de Pós-graduação**. XV Congresso de Iniciação Científica e VIII Encontro de Pós-graduação. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2006. n.pag.

SINGH, M.; PAULSEN, M.R.; COLBROOK, S.A. **Corn moisture meter comparisons to the air oven in Illinois**. ASAE Annual International Meeting. Las Vegas, Nevada, USA, 2003. Paper Number: 036003. Disponível em: < http://age-web.age.uiuc.edu/faculty/mrp/Publications/ASAE03_6003.pdf>. Acesso: 31 de mai. 2007.

TOSIN, J.C.; POSSAMAI, E. Qualidade de sementes de soja armazenadas em distintas condições de temperatura e umidades relativas do ar. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.113-132, 2002.