

## VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SEMENTES DE SOJA DURANTE O ARMAZENAMENTO<sup>1</sup>

ZUCHI, J.<sup>2</sup>  
 SEDIYAMA, C.S.<sup>3</sup>  
 LACERDA FILHO, A.F.<sup>4</sup>  
 REIS, M.S.<sup>5</sup>  
 FRANÇA NETO, J.B.<sup>6</sup>  
 ZANUNCIO, J.C.<sup>7</sup>  
 ARAÚJO, E.F.<sup>8</sup>

**RESUMO** - A temperatura é importante para a conservação de sementes armazenadas, pois é um dos principais fatores condicionantes das reações bioquímicas e do desenvolvimento de patógenos. Uma prática que vem sendo introduzida no processamento de sementes é o resfriamento artificial imediatamente após o beneficiamento, visando reduzir a perda da qualidade das sementes durante o armazenamento. Portanto, objetivou-se avaliar a temperatura de sementes de soja resfriadas artificialmente, durante o armazenamento. O experimento foi conduzido na empresa Sementes Campo Verde Ltda, no município de Campo Verde, Mato Grosso (latitude de 15° 32' 48" S, longitude de 55° 10' 08" W e altitude de 736 metros). Dois lotes de sementes de cada um dos três cultivares Monsoy 8757, TMG 115 RR e BRS Valiosa RR, um com sementes resfriadas e outro não foram utilizados. Cada lote era formado por 360 sacos de 40 kg, em 30 camadas de 12 sacos, e as sementes armazenadas em armazém com temperatura média anual de 24,7 °C e 60,6% de umidade relativa do ar. As sementes foram resfriadas pelo processo dinâmico, após o beneficiamento, com refrigerador CoolSeed, modelo PCS 80, com quatro circuitos

refrigeradores, totalizando potência de 130 kW. O experimento foi instalado em abril de 2009 e cada lote tinha 12 unidades experimentais (sacos), em três porções do lote, basal, mediana e superior, de quatro sacos, distanciados por seis camadas de sacos entre si. A temperatura foi medida por saco, com uma termossonda digital, marca @GROS, a 30 cm e 60 cm de profundidade, na diagonal de cada saco, após: 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 150 dias. As temperaturas das massas de sementes de soja dos lotes resfriados ou não foram semelhantes com 15 dias do resfriamento e entraram em equilíbrio térmico com o ar do armazém.

Termos para indexação: temperatura, esfriamento, armazém.

### INTRODUÇÃO

A temperatura é importante para a conservação de sementes armazenadas e seu aumento acelera a maioria das reações bioquímicas. Em feijão, o metabolismo das sementes diminui quando o teor de

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado do primeiro autor;

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Doutorando em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, zuchialtourguai@yahoo.com.br;

<sup>3</sup> Eng. Agr., PhD, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, cseyiyama@ufv.br;

<sup>4</sup> Eng. Agr., D.S., Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, alacerda@ufv.br;

<sup>5</sup> Eng. Agr., D.S., Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, msreis@ufv.br;

<sup>6</sup> Eng. Agr., PhD, Pesquisador, Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, jbfranca@cnpso.embrapa.br

<sup>7</sup> Eng. Flor., PhD, Professor Titular, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, zanuncio@ufv.br;

<sup>8</sup> Eng. Agr., D.S., Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, efaraujo@ufv.br.

água é igual ou inferior a 12%. Baixa temperatura e baixo teor de água são ideais para se manter a semente viável durante o armazenamento (Bragantini, 2005).

O teor de água influencia a temperatura da massa de grãos durante a armazenagem (Khankari et al., 1994). As sementes utilizam o oxigênio do espaço intergranular na respiração, acompanhado da metabolização das substâncias de reserva. Sementes armazenadas se deterioram lenta ou rapidamente, dependendo da temperatura e do seu teor de água. O processo respiratório é baixo em sementes com teor de água abaixo de 12%, o que prolonga a manutenção da qualidade (Bragantini, 2005).

O calor pode ser transmitido por condução, convecção e/ou radiação e sua transferência em uma massa de sementes ocorre, principalmente, por convecção e, em pouquíssima intensidade, por condução, sendo importante para a estabilidade térmica da massa de sementes. O princípio da termodinâmica, enunciado por Clausius, estabelece que o calor flui espontaneamente, do corpo de maior para o de menor temperatura, até que se equilibrem (Demito, 2006).

A condução, contato entre sementes, propaga o calor na massa de sementes. A massa de sementes tem baixa condutibilidade térmica, pois não troca calor com o ambiente com facilidade, quando empilhados ou em silos. Isto pode ser perigoso para sementes com umidade elevada, mas pode auxiliar na conservação correta do produto armazenado (Bragantini, 2005).

De acordo com Demito, 2009, baixa temperatura é uma técnica economicamente viável para preservar a qualidade de sementes armazenadas. A refrigeração consiste na passagem do ar por um sistema refrigerador, para reduzir a temperatura, o que desacelera a deterioração das sementes. Porto, 2004, observou que o resfriamento de sementes de soja armazenadas a granel, em silo com distribuição radial de ar, não apresentou gradiente de temperatura ao final do processo e a qualidade das sementes foi mantida por mais de seis meses.

## DESENVOLVIMENTO

### Descrição do estudo

O presente estudo fez parte de uma tese de doutorado do primeiro autor e tem por objetivo mostrar a variação da temperatura de sementes de soja resfriadas artificialmente e não, ensacadas e

armazenadas em armazém convencional, na forma de lotes de 360 sacos.

Para este propósito, o experimento foi desenvolvido *in loco* na empresa Sementes Campo Verde Ltda, no município de Campo Verde, Mato Grosso (latitude de 15° 32' 48" S, longitude de 55° 10' 08" W e altitude de 736 metros). Dois lotes de sementes, com 360 sacos de 40 kg, medindo 17 x 40 x 70 cm, em 30 camadas de 12 sacos, de cada um dos cultivares Monsoy 8757, TMG 115 RR e BRS Valiosa RR, um com sementes resfriadas e outro com sementes não resfriadas foram utilizados. Os sacos eram de papel perfurado multifoliado, ou seja, de três folhas de papel com microporos.

As sementes foram classificadas em peneira de 6,5 mm e resfriadas por processo dinâmico, com refrigerador CoolSeed, modelo PCS 80, de quatro circuitos refrigeradores, totalizando potência de 130 kW, após o beneficiamento, constituído por pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação por peneiras, espiral e mesa densimétrica. As caixas de resfriamento tinham capacidade estática máxima de 19 e 11 toneladas cada. O ar atingia a massa de sementes com 12 °C e a temperatura das sementes dos lotes resfriados, no ensaque, foi de, aproximadamente, 18. Nos lotes não resfriados as sementes foram ensacadas a, aproximadamente, 23 °C. As sementes foram armazenadas em armazém com temperatura média anual de 24,7 °C e 60,6% de umidade relativa do ar.

O experimento foi instalado em abril de 2009, com doze unidade experimentais (sacos) por lote, para a análise da qualidade da semente, totalizando 72 unidades experimentais. Os doze sacos foram distribuídos em três posições do lote, basal, mediana e superior, colocando-se quatro sacos em cada posição, distanciados entre si por seis camadas de sacos.

A temperatura foi medida por saco, com termossonda digital, marca @GROS, a 30 cm e 60 cm de profundidades, na diagonal de cada sacaria, a 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 150 dias após a constituição do lote. A temperatura foi registrada após 20 minutos da introdução da sonda.

O armazém era de alvenaria, piso cimentado com 100 m de comprimento, 18 m de largura e pé-direito de 6,5 m. A temperatura e a umidade relativa do ar do armazém não foram controladas, entretanto, o armazém era provido de circulação do ar feita por exaustores eólicos.

A temperatura e a umidade relativa do ar do armazém foram monitoradas diariamente as 06:30,

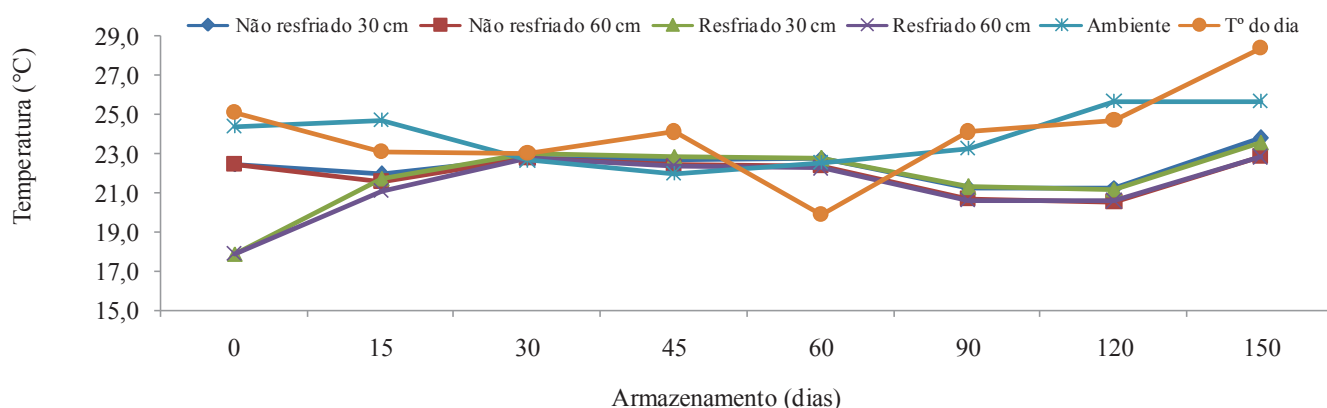
13:00 e 17:30 horas, com termo-higrômetro digital. Os resultados foram expressos pela média da temperatura da massa de sementes das três camadas da pilha por profundidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1, 2 e 3, são apresentadas as temperaturas das sementes dos lotes resfriados e não resfriados, a 30 e 60 cm de profundidade, dos cultivares Monsoy 8757, TMG 115 RR e

BRS Valiosa RR, respectivamente, bem como as temperaturas médias mensais do ar do armazém e a temperatura média do ar do armazém no dia da avaliação.

O resfriamento artificial diminuiu em 6 °C a temperatura da massa de sementes do cultivar Monsoy 8757 (Figura 1), o que é benéfico pois a redução de 3 a 10 °C pode inibir o desenvolvimento de fungos e mantém a germinação das sementes (Moreira, 1993; Lazzari, 1997; Maier & Navarro, 2002). A refrigeração pode aumentar a longevidade de sementes armazenadas por períodos curtos (Muthoka et al., 2009).



**FIGURA 1.** Temperatura da massa de sementes de soja, cultivar Monsoy 8757, de lotes resfriados e não, a 30 e 60 cm de profundidades na sacaria, durante o armazenamento.

Observou-se que as temperaturas das sementes a 30 e 60 cm de profundidade no saco não diferiram entre si. Porto, 2004, observou que sementes de soja resfriadas a granel não apresentaram gradiente de temperatura ao final do armazenamento.

Sementes dos lotes resfriados ou não apresentaram temperaturas semelhantes, aproximadamente, 15 dias após o resfriamento e, subsequentemente, a temperatura da massa de sementes entrou em equilíbrio térmico com o ar ambiente.

A temperatura da massa de sementes de soja variou com a temperatura do armazém. A estabilidade térmica das sementes ocorreu, somente, após 30 dias, quando a temperatura da massa de sementes não mais se alterou. Entre os 30 e 60 dias de armazenamento, a temperatura ambiente foi semelhante a da massa de sementes, mas aos 90 e 120 dias, a da massa de sementes foi, respectivamente, 2 e 4 °C menor que a temperatura ambiente (Figura 1). Isto mostra que a redução da temperatura ambiente entre os 30 e 60

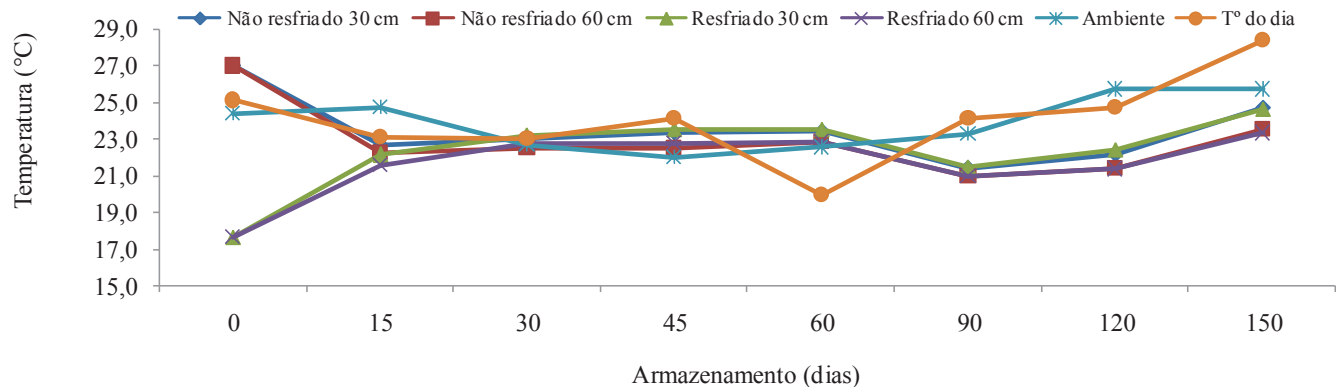
dias de armazenamento diminuiu a temperatura da massa de sementes nos 60 dias subsequentes.

A temperatura da massa de sementes elevou-se, em, aproximadamente, 2 °C, entre os 120 e 150 dias de armazenamento, devido ao aumento de 2 °C da temperatura ambiente nos 30 dias anteriores (Figura 1). O teor de água influencia a variação de temperatura da massa durante o armazenamento (Khankari et al., 1994). O aumento da temperatura aumenta o coeficiente de difusão térmica das sementes, pois a água fica menos viscosa com o aumento daquela (Corrêa et al., 2010). Por outro lado, a entalpia foi menor com o aumento da temperatura, o que facilita a perda de água das sementes (Oliveira et al., 2010).

A má condutividade térmica das sementes (Kazarian & Hall, 1965), pode explicar o atraso na variação da temperatura de sua massa, em relação à variação da temperatura do ar do armazém. De acordo com Corrêa et al., 2004, o calor específico e a condutividade térmica de sementes de milho,

alpiste e painço diminuíram com o aumento do teor de água e a difusividade térmica aumenta com a redução daquele.

Na figura 2, observa-se que a temperatura da massa de sementes do cultivar TMG 115 RR apresentou variação semelhante à dos dois outros cultivares (Figuras 1 e 3).



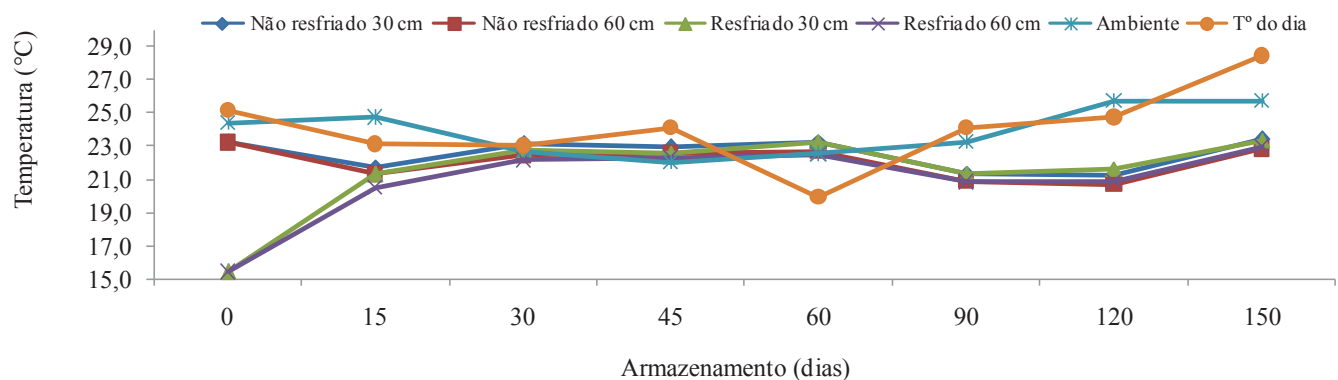
**FIGURA 2.** Temperatura da massa de sementes de soja, cultivar TMG 115 RR, de lotes resfriados e não resfriados, a 30 e 60 cm de profundidades na sacaria, durante o armazenamento.

Variações climáticas geram gradientes de temperatura na massa de grãos (Brooker et al., 1992; Gong et al., 1995). A forma das partículas e a compactação de material heterogêneo como uma massa de grãos influencia na quantidade de calor transferido por unidade de área, dependendo do teor de água do produto, temperatura, composição, densidade e porosidade, também, influenciam as propriedades térmicas de um material (Stolf, 1972).

Variações térmicas do ambiente e da massa de sementes apresentam certa proporcionalidade entre si. A diminuição da temperatura do ar em 2 °C reduziu a temperatura da massa de sementes em

proporções semelhantes, mas as temperaturas não serão necessariamente iguais, pois o calor específico do ar e da semente são diferentes. A massa específica aparente ou densidade de produtos granulares (grau de compactação dos grãos), também, afeta a condutividade térmica da amostra, que aumenta com diminuições na porosidade da amostra granular. A condutividade térmica pode ser uma função linear da massa específica, considerando-se um teor de água constante (Jayas et al., 1995).

De modo semelhante, na figura 3 são observadas as variações térmicas da massa de sementes do cultivar BRS Valiosa RR.



**FIGURA 3.** Temperatura da massa de sementes de soja, cultivar BRS Valiosa RR, de lotes resfriados e não resfriados, a 30 e 60 cm de profundidades na sacaria, durante o armazenamento.

Sementes são bons isolantes térmicos e, uma vez reduzida, a temperatura da massa pode ser mantida por alguns dias (Burks et al., 2000). O gradiente de temperatura em sementes de soja resfriadas não variou em sistema radial de distribuição de ar e a qualidade fisiológica das mesmas após seis meses de armazenamento (Porto, 2004). O resfriamento artificial é importante para o manejo da temperatura das sementes durante o armazenamento (Fields, 1992).

## CONCLUSÕES

A massa de sementes de soja dos lotes resfriados e não resfriados atingiu temperatura semelhante com 15 dias do armazenamento e entrou em equilíbrio térmico com o ar do armazém.

Esses resultados também mostram que as sementes são isolantes térmicos, pois a variação na temperatura da massa é bastante retardada.

Tecnologias de resfriamento das sementes devem ser combinadas com o resfriamento do ambiente, pois o equilíbrio térmico é rápido.

## REFERÊNCIAS

- BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Documento 187, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.
- BURKS, C.S.; JOHNSON, J.A.; MAIER, D.E.; HEAPS, J.W. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. **Alternatives to pesticides in stored-product IMP**. Kluwer Academic, 2000. p.73-104.
- CORRÊA, P.C.; ANDRADE, E.T.; AFONSO JÚNIOR, P.C. Propriedades térmicas da massa granular de milho, alpiste e painço: determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.6, n.1, p.39-45, 2004.
- CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; CARVALHO, F.M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v.57, n.5, p.595-601, 2010.
- DEMITO, A. **Qualidade de sementes de soja resfriadas artificialmente**. UNIOESTE, Cascavel, PR, 2006. Dissertação (Mestrado). 85p.
- DEMITO, A., AFONSO, A.D.L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, n.1, p.7-14, 2009.
- FIELDS, P.G. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v.28, n.2, p.89-118, 1992.
- GONG, Z.X.; DEVAHASTIN, S.; MUJUMDAR, A.S. A twodimensional finite element model for kiln-drying of refractory concrete. **Drying Technology**, v.13, n.3, p.585-605, 1995.
- JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G.; MUIR, W.E. **Stored-grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. 756 p.
- KAZARIAN, E.A.; HALL, C.W. Thermal properties of grain. **Transactions of the ASAE**, v.8, n.1, p.33-37, 1965.
- KHANKARI, K.K.; MOREY, R.V.; PATANKAR, S.V. Mathematical model for moisture diffusion in stored grain due to temperature gradients. **Transactions of the ASAE**, v.37, n.5, p.1591-1604, 1994.
- LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2 ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.
- MAIER, D.E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 489-560.
- MOREIRA, R.G. **Aeração de grãos usando ar natural e frio**. Proceedings of the International Symposium on Grain Conservation. p.177-196, 1993.
- MUTHOKA, P.N.; HAY, F.R.; DIDA, M.M.; NYABUNDI, J.O.; PROBERT, R.J. Moisture content and the longevity of seeds of six Euphorbia species in open storage. **Seed Science and Technology**, v.37, n.2, p.383-397, 2009.
- OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C.; ARAÚJO, E.F.; VALENTE, D.S.M.; BOTELHO F.M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science & Technology**, v.45, p.546-554, 2010.



PORTO, A.G. **Resfriamento de sementes de soja em silo com sistema de distribuição radial do ar.** UFPel, Pelotas, RS, 2004. Tese (Doutorado). 47p.

STOLF, S.R. Medição da condutividade térmica dos alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.29, p.67-79, 1972.