

## CONDIÇÕES DO AR INTERGRANULAR DE SOJA ARMAZENADA EM SILO BOLSA

DANIELE MEZZALIRA<sup>1</sup>, SOLENIR RUFFATO<sup>2</sup>, RODRIGO S. ZANDONADI<sup>3</sup>,  
LUCAS DOS S. CORRÊA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT, *Campus* de Sinop, Fone: (66) 99612-4513, e-mail: danielemezzalira@hotmail.com.

<sup>2</sup> Engenheira Agrícola, Professora Associada, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, *Campus* de Sinop.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Doutor Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, *Campus* de Sinop.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT, *Campus* de Sinop.

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Um dos gargalos do sistema produtivo de grãos no Brasil tem sido o déficit de capacidade estática para armazenagem, sendo mais expressivo nos estados com aumentos de produção a cada safra, como é o caso de Mato Grosso. Assim, a busca por alternativas de armazenagem se faz importante, visto que os custos com infraestruturas ditas convencionais são elevados, além do tempo para sua construção. Deste modo, objetivou-se avaliar as condições do ar intergranular de soja armazenada em silo bolsa por um período de 330 dias. Para o experimento foi utilizado um silo bolsa com dimensões de 5 m de comprimento por 1,5 m de altura. O monitoramento das condições intergranulares foi realizado por meio de uma sonda contendo sensores de temperatura, umidade relativa e concentração de CO<sub>2</sub>. O teor de água inicial médio dos grãos foi de 10% B.U. Os resultados obtidos indicaram que as condições do ar da massa de grãos estabilizou na condição média de 32 °C de temperatura, 70% de umidade relativa e, 8% de concentração de CO<sub>2</sub>. Variações de umidade de 2% B.U. foram observadas. O nível de estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> inferior a 14% demonstraram condições seguras de armazenagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** pós-colheita, instrumentação, CO<sub>2</sub>.

### CONDITIONS OF THE INTERGRANULAR AIR OF SOYBEAN STORED IN SEALED BAG

**ABSTRACT:** One of the critical points of the grain production system in Brazil has been the deficit of static capacity for storage, being more expressive in the states with increases of production in each crop, as in the case of Mato Grosso. Thus, the search for storage alternatives becomes important, since the costs with so-called conventional infrastructures are high, in addition to the time for their construction. The objective of this study was to evaluate the intergranular air conditions of soybean stored in a sealed bag for a period of 330 days. For the experiment, a sealed bag with dimensions of 5 m in length and 1,5 m in height was used. The monitoring of the intergranular conditions was carried out by means of a probe containing sensors of temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentration. The initial moisture content of the grains was 10% B.U. The results indicated that the air conditions of the grain mass stabilized in the average condition of 32 °C temperature, 70% relative humidity and 8% CO<sub>2</sub> concentration. Humidity variations of 2% B.U. were observed. The stabilization level of the CO<sub>2</sub> concentration below 14% demonstrated safe storage conditions.

**KEYWORDS:** post-harvest, instrumentation, CO<sub>2</sub>.

**INTRODUÇÃO:** O silo bolsa é produzido com lâminas de polietileno de baixa densidade e

constituído basicamente por 3 camadas protetoras, sendo uma camada interna, outra externa e uma capa neutra, entre a externa e a interna (JULIANA; CARDOSO, 2014). O sistema apresenta característica de impermeabilidade favorecendo a condição de hermeticidade. Consequentemente, a respiração dos componentes bióticos dentro do silo (grãos, insetos e fungos) elevam a taxa de concentração de CO<sub>2</sub> e a redução dos níveis de O<sub>2</sub>. Esta modificação dos elementos gasosos no ar intergranular, favorece a eliminação de insetos e fungos, e auxilia na redução da ação metabólica do grão, promovendo assim uma melhor qualidade de armazenamento (BARTOSIK *et al*, 2014). A umidade relativa e a temperatura no meio intergranular são grandezas importantes para manutenção de uma boa condição de armazenamento do grão durante o tempo desejado (MOHLER, 2010). Danao *et al.* (2015), Olsen *et al.* (2013), Wilhelmi (2014) e Marchi *et al.* (2014) realizaram experimentos com objetivo de fabricar um aparato experimental para monitorar as variáveis, temperatura, umidade relativa e CO<sub>2</sub> durante o transporte de grãos, permitindo análise da condição interna da massa de grãos por meio de sensores. Neste estudo foram monitoradas as condições do ambiente intergranular em um silo bolsa de tamanho reduzido, com o objetivo de verificar a hermeticidade do silo bolsa e a influência das condições externas sobre a massa de grãos de soja.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi instalado na Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop. Conforme classificação climática de Köppen a região é caracterizada como tropical (grupo A), clima megatérmico com forte precipitação anual. A temperatura média anual é de 28 °C. A umidade relativa média do ar na época de chuvas é de 80% (KOPPEN, 1931). O trabalho consistiu na armazenagem de soja num silo bolsa com dimensões reduzidas de 5,0 metros de comprimento por 1,5 metros de altura, com capacidade estática de aproximadamente 300 sacas. A lona do silo é constituída de três camadas, sendo duas internas na cor preta e uma camada externa branca. O período de armazenamento foi de abril de 2015 a março de 2016, totalizando 330 dias de armazenagem. O lote de grãos foi armazenado com teor de água médio de 10% B.U. sendo uma mescla de variedades de soja doada por um produtor à Universidade. Para monitorar as condições internas da massa de grãos no silo bolsa, durante o período de armazenagem, foi instalada uma sonda no centro do silo contendo sensores para leitura e registro das condições de temperatura (3 sensores), umidade relativa (3 sensores) e CO<sub>2</sub> (1 sensor) do ar intergranular. Todo o aparato foi interligado a um sistema Arduino, o qual capta informações de temperatura, umidade relativa e CO<sub>2</sub>, sendo estes armazenados em cartão de memória no formato txt. Durante o período de armazenamento o monitoramento das condições do ar externo foi realizado por meio da estação instalada no *Campus* Universitário de Sinop da Universidade Federal de Mato Grosso, localizado em 11° 51' 0,8" S e 55° 30' 56" W, e altitude média de 371 m.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Obteve-se registro da amplitude térmica externa em torno de 22 °C, com máxima de 38 °C e mínima de 16 °C (Figura 1A). A umidade relativa é oscilatória na região, demonstrando queda nos meses de maio a agosto. No restante do ano mantém-se em média, acima de 70%. A influência das condições externas sobre a massa de grãos em silo bolsa foi avaliada por Valdez (2009) que verificou que a temperatura interna da massa de grãos de soja (14,2% B.U.) permaneceu em torno de 35 °C, enquanto que a externa chegou a variar 17 °C em 270 dias de armazenagem. Na avaliação da temperatura intergranular realizada neste estudo (Figura 1B) foi identificado uma possível falha no sistema de aquisição de dados nas primeiras 12 semanas de armazenagem, constatou-se aumentos em torno de 3 °C em um intervalo de leitura de apenas 3 minutos, não sendo normal, podendo assim, atribuir a falhas do sistema. Após este período não foram constatadas oscilações

abruptas de temperatura. Durante o período de armazenagem constatou-se furos na lona do silo bolsa, em função da presença de roedores. Isto ocorreu nos meses de julho; agosto; setembro; dezembro e janeiro.

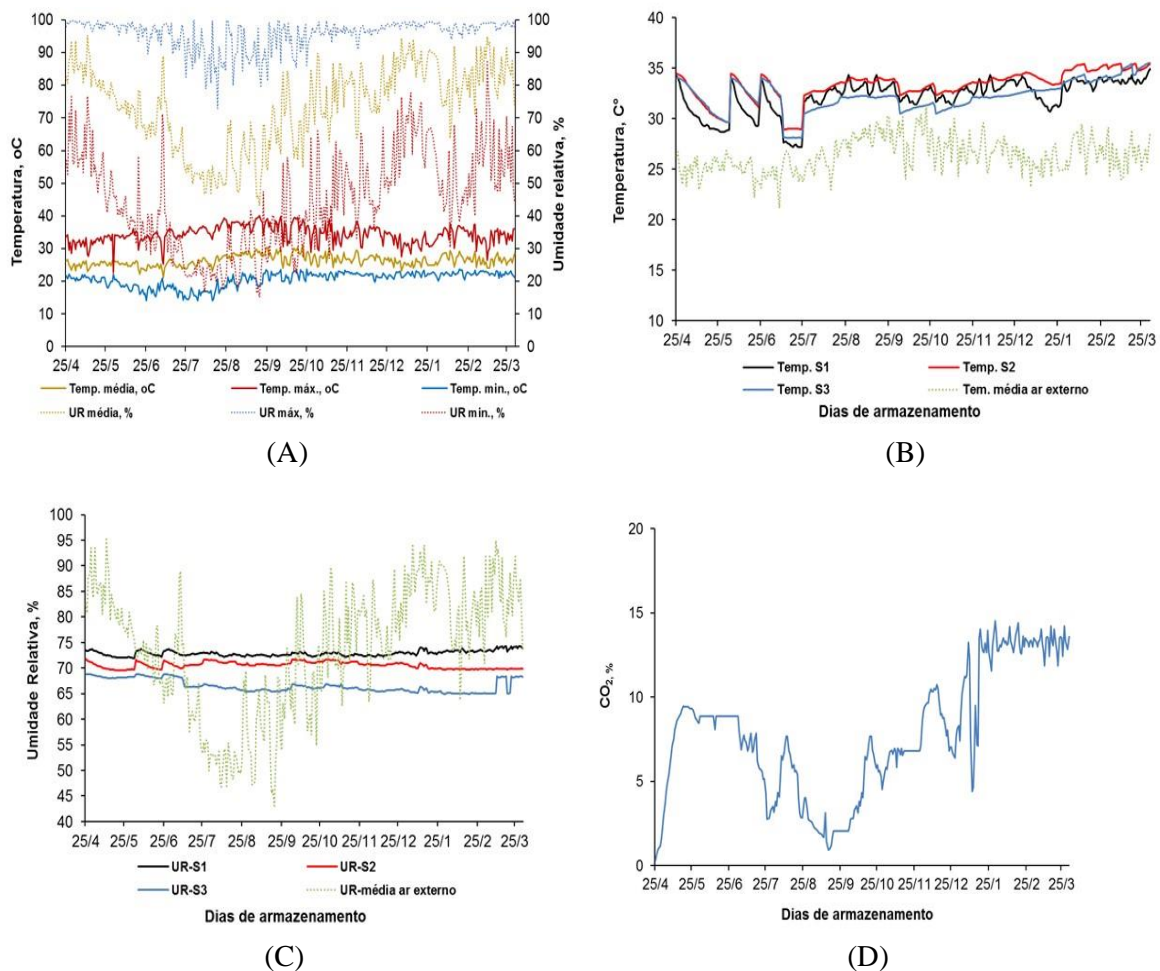


FIGURA 01. Valores observados para a temperatura e umidade relativa do ar externo (A), e valores observados para a temperatura (B); umidade relativa (C) e dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> (D) do ar intergranular.

A umidade relativa intergranular também foi monitorada (Figura 1C). Assim como a temperatura, houve oscilações apenas no início da armazenagem, estabilizando, 90 dias após o início da armazenagem, com valores em média de 73; 70 e 66%, respectivamente, mantendo-se assim até o fim da armazenagem. Todavia, essas variações para umidade relativa interna não são consideráveis quando comparadas com as grandes variações da umidade relativa ambiente (Figura 1A) que apresentou média máxima de 95% para os meses de seca, e mínima de 40% nos meses em que ocorrem precipitações. Variações da umidade relativa foram verificados em trabalhos como de Clemente et al. (2009), apresentando resultados semelhantes ao deste estudo, onde avaliando duas variedades de sementes de soja, constataram variação da umidade relativa entre 70 e 75%. Na Figura (1D) é apresentada a variação de concentração de CO<sub>2</sub> do ar intergranular. No primeiro mês de armazenagem, observa-se aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 0 até 9%. Essa variação ocorre devido ao processo respiratório dos componentes bióticos que consomem o oxigênio

(O<sub>2</sub>) e liberam o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Entretanto, devido às condições de hermeticidade do sistema, o grão manteve a umidade entre 10 e 11% B.U. Verificou-se que a concentração de dióxido de carbono no ambiente intergranular manteve-se constante durante os meses em que o silo bolsa permaneceu na condição hermética, com níveis inferiores a 14%. Bartosik et al. (2009) constataram em seu trabalho que níveis superiores a 14% de CO<sub>2</sub> indicam que os grãos se encontram em condições inseguras de armazenamento, isto é, propensos a incidência de microrganismos.

**CONCLUSÃO:** A variação da temperatura interna, após estabilização foi em média de 3 °C, enquanto a externa variou em até 22 °C. A umidade relativa interna variou em 5%, e a externa variou em até 55%. A concentração de CO<sub>2</sub> manteve-se em níveis considerados seguros para o produto, ou seja, inferior a 14%.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:** BARTOSIK, R.; CARDOSO, L.; OCHANDIO, D. Detección temprana de procesos de descomposición de granos almacenados en bolsas plásticas herméticas mediante la medición de CO<sub>2</sub>, p. 15 - 21. In: CARDOSO, L.; BARTOSIK, R.; TORRE, D.; ABADÍA, B.; JULIANA, M. S (Eds). **Almacenamiento de granos en silo bolsa**. INTA, Buenos Aires, Argentina, 2009. 180 p.

CLEMENTE G.; PEPPI B.; CASINI C.; PAGLIERO M. Estudio del Efecto de la Media Sombra Sobre la Calidad de Semilla de Soja (*Glycine max* (L.)) Almacenada en Bolsas Plásticas. p. 65 – 79. In: CARDOSO, L.; BARTOSIK, R.; TORRE, D.; ABADÍA, B.; JULIANA, M. S (EDS). **Almacenamiento de granos en silo bolsa**. INTA, Manfredid, Córdoba, 2009. 180 p.

DANAO, M. C.; ZANDONADI, R. S.; GATES, R. S. Development of a grain monitoring probe to measure temperature, relative humidity, carbon dioxide levels and logistical information during handling and transportation of soybeans. **Computers and Electronics in Agriculture**. v.119, p. 74-82, 2015.

JULIANA, M. S.; CARDOSO, L. Componentes del sistema silo bolsa. **Almacenamiento de granos en silo bolsa: Resultados de investigación 2009-2013**. Buenos Aires: Ipesasilo, p. 15-21. 2014.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

MARCHI, J. de; ZANDONADI, R. S.; DANAO, M. G.; GATES, R. S. Desenvolvimento de um aparato experimental para o monitoramento de parâmetro do ambiente intergranular durante o transporte de grãos. **Anais...** In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, 2014. Campo Grande, MS. 2014.

MOHLER, B. C. Avaliação das Características de Secagem dos Grãos de Soja. 35 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.

OLSEN J.W.W., WILHELMI, C.R., ZANDONADI, R.S., DANAO, M.C., GATES, R.S. **Monitoring Grain Bed Conditions during Truck Transport of Soybeans in Brazil**. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING OF THE ASABE, 2013, Kansas City, Missouri, USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, Paper No. 1619395. p. 1-17.

VALDÉZ, D. Campaña 2005/06 embolsado de soja: Evaluación del almacenaje. p. 105 – 110. In: CASINI C.; RODRIGUEZ J. C. Y BARTOSIK R. (Eds). **Almacenamiento de granos em bolsas plásticas**. INTA Manfredid, Córdoba, 2009. 180 p.

WILHELMI, C. R. Assessing grain trailer and soybean conditions during transport from harvest to first storage in Sinop, Mato Grosso, Brazil. 2014. 125 f. **Dissertation** (Master of Science in Agricultural and Biological) - College of the University of Illinois, Illinois.