

## TECNOLOGIA EMERGENTE NÃO DESTRUTIVA PARA MONITORAMENTO INDIRETO DA QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA NO TRANSPORTE

LANES BEATRIZ ACOSTA JAQUES<sup>1</sup>, PAULO CARTERI CORADI<sup>2</sup>, SABRINA  
DALLA CORTE BELLOCHIO<sup>3</sup>, NAIRIANE DOS SANTOS BILHALVA<sup>4</sup>, HENRIQUE  
EGUILHOR RODRIGUES<sup>4</sup>, ANGÉLICO LORETO TEIXEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrícola, Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Professor Associado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS), [paulo.coradi@ufsm.br](mailto:paulo.coradi@ufsm.br)

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

<sup>4</sup>Eng. Agrícola, Discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

<sup>5</sup>Eng. Eletricista e Técnico de Laboratório (UFSM-CS)

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** O transporte de grãos da lavoura para as unidades armazenadoras com altos teores de água e impurezas pode acarretar em significativas perdas quanti-qualidades. Assim, o monitoramento do produto transportado poderia ser uma boa alternativa para indicação e controle da qualidade, evitando possíveis deteriorações dos grãos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi aplicar um conjunto de dispositivos com sensores na massa de grãos de soja transportadas em caminhões rodoviários para obter informações em tempo real das condições dos grãos intergranulares e observar as suas relações com a qualidade da soja. O dispositivo foi composto por sensores de temperatura, umidade relativa e dióxido de carbono. Para analisar a resposta dos sensores na massa de grãos, foram utilizados grãos de soja classificados no grupo I, tipo 2, e grupo II, tipo padrão básico. De acordo com os resultados, os grãos de soja do grupo I teve maior variação da temperatura intergranular ao longo do tempo, sendo que, os maiores valores foram observados na posição central da carga do caminhão. A maior concentração de dióxido de carbono foi observada na massa de grãos do grupo II. A tecnologia adaptada foi validada para utilização no monitoramento de grãos de soja no transporte.

**PALAVRAS-CHAVE:** pós-colheita, monitoramento, espaços intersticiais.

## USE OF EMERGING NON-DESTRUCTIVE TECHNOLOGY TO INDIRECTLY PREDICT SOYBEAN GRAIN QUALITY

**ABSTRACT:** Transporting grain from the crop to storage units with high water and impurities content can result in quantifiable losses. Thus, monitoring the transported product could be a good alternative for indication and quality control, avoiding possible deterioration of the grains. Thus, the objective of this work was to apply a set of devices with sensors in the mass of soybeans transported in road trucks to obtain real-time information on the conditions of intergranular grains and observe their relationship with soybean quality. The device consisted of temperature, relative humidity and carbon dioxide sensors. To analyze the

response of the sensors on the grain mass, soybeans classified into group I, type 2 and group II, basic standard type were used. According to the results, group I soybeans had greater intergranular temperature variation over time, and the highest values were observed in the central position of the truck load. The highest concentration of carbon dioxide was observed in the group II grain mass. The adapted technology has been validated for use in monitoring soybeans in transport.

**KEYWORDS:** post-harvest, quality, monitoring.

**INTRODUÇÃO:** Em virtude dos volumes de produção, uso da terra e percentuais exportados, a soja (*Glycine max* L.) é considerada uma das principais culturas agrícolas dentro do agronegócio mundial, destacando-se devido aos altos teores de óleos e proteína bruta (PRATAP et al., 2016; CORADI et al., 2020). A conservação da qualidade do grão pós-colheita é para a agregação de valor do produto e obtenção de maior rendimento industrial (SANTOS et al., 2018; CORADI et al., 2020). Sua comercialização é regulamentada pela Portaria do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Instrução Normativa nº 37, de 27 de julho de 2007, que determina os limites de qualidade física, estabelecendo grupos e tipificação. Para haver um adequado elo entre as etapas de produção, pós-colheita e comercialização, torna-se importante otimizar a operação de transporte, para que haja melhores fluxos dos grãos, com qualidade e menores perdas, controlando principalmente os fatores intrínsecos da massa de grãos, como o aumento da temperatura e umidade relativa intergranular para redução do processo respiratório do produto. Assim, a aplicação de tecnologias, como o uso de sensores poderia auxiliar no monitoramento em tempo real das condições dos grãos, possibilitando uma amostragem mais completa do comportamento dos lotes de grãos transportados, para um melhor monitoramento e tomadas de decisões. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo aplicar um dispositivo com sensores para obter informações em tempo real das condições intergranulares dos grãos de soja com diferentes qualidades físicas iniciais.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Agrícolas (LAPOS) e no Laboratório de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Cachoeira do Sul. Utilizou-se uma sonda, composta por sensores de temperatura, umidade relativa e dióxido de carbono, os sensores foram fixados na parte superior, central e inferior da sonda. Para analisar a resposta dos sensores na massa de grãos, foram utilizados grãos de soja classificados no grupo I, tipo 2, e grupo II, tipo padrão básico. O teor de água dos grãos do grupo I era 9% e do grupo II era 10%. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado sendo composto por um fatorial 3 (posições) x 2 (grupos), com 4 repetições. Os grãos foram acondicionados em um reservatório de madeira no formato de um tubo quadrado com dimensões de 0,20 m de lado e 1,70 m de altura. A construção do reservatório levou em consideração a altura de caminhões comumente usados para transportar grãos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Observou-se que, para a variável temperatura houve uma variação na resposta dos sensores entre as posições de monitoramento ao longo do tempo, em média de 7% do valor inicial (Figura 1A). Na posição central, verificou-se temperaturas intersticiais mais elevadas até os 55 minutos de monitoramento. Ao final do tempo de monitoramento, na posição inferior, foi verificado menores valores de temperatura. Analisando os valores de umidade relativa do ar intersticial, observou-se que, com o aumento do tempo houve uma redução da umidade relativa do ar. A umidade relativa verificada na posição inferior e central foi superior em relação à posição superior, no entanto, a diferença

desse valor foi inferior a 1%. A concentração de dióxido de carbono para os grãos do grupo I foi baixa, com valores variando de 338 a 550 (Figura 1C). Isso pode ser um indicativo de qualidade, para um processo respiratório menos intenso dos grãos, e conseqüentemente menores percentuais de deterioração. Fato comprovado por Taher et al. (2019), que avaliaram a massa de grãos de soja em condições relativamente seguras, ou seja, em grãos com teores de água de 13,5% (b.u), e constataram uma taxa de respiração baixa, não ocorrendo aumento na concentração de CO<sub>2</sub>. Na Figura 1B, são apresentados valores obtidos pelos sensores de temperatura e umidade relativa intersticial da massa de grãos do grupo II. Diferentemente do que ocorreu nos grãos do grupo I, houve uma maior variação, porém com menor intensidade. A maior temperatura foi constatada na posição central, enquanto que os resultados das posições superior e inferior foram semelhantes.

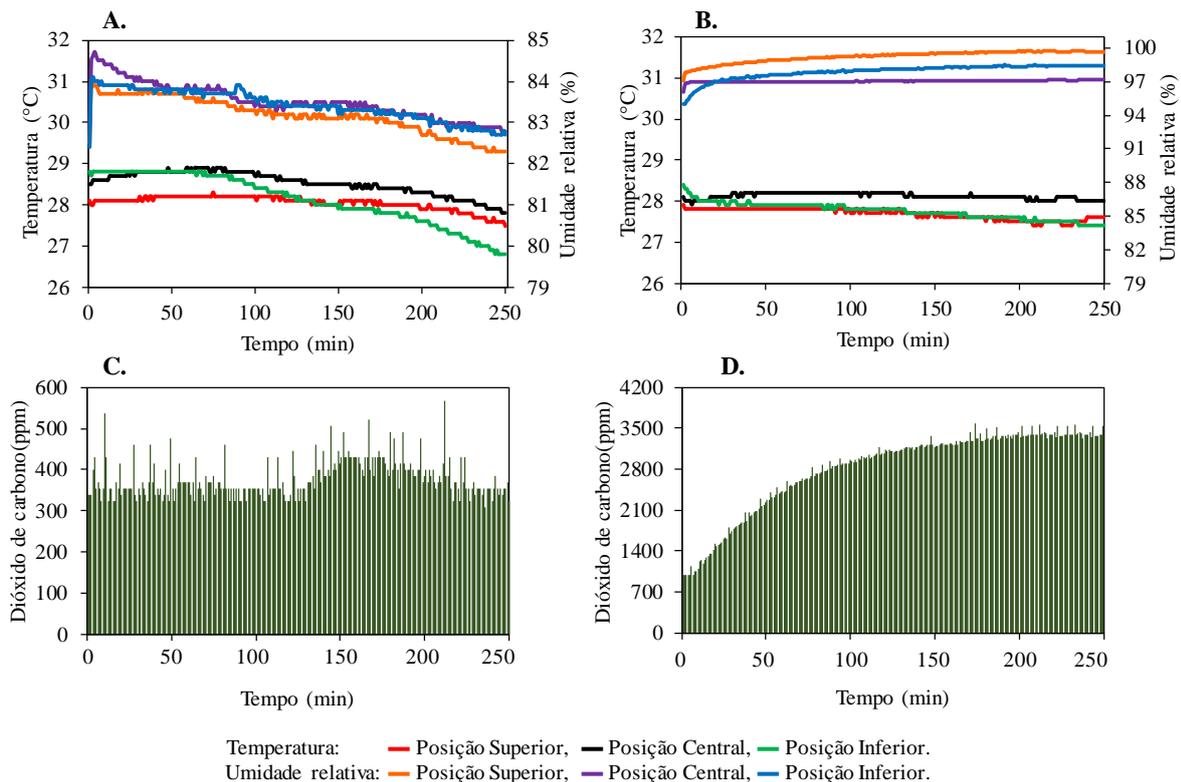


FIGURA 1. Temperatura, umidade relativa e CO<sub>2</sub> monitorados no ar intergranular da massa de grãos de soja do grupo I (Figura A e C) e grupo II (B e D) durante simulação de uma carga de grãos de soja no transporte.

A concentração do dióxido de carbono dos grãos de soja do grupo II, foi acima de 1000 ppm (Figura 1D). Analisando a curva do CO<sub>2</sub>, verificou-se que ocorreu um aumento linear da concentração de CO<sub>2</sub> até o tempo de 170 minutos de monitoramento. Após esse tempo, o valor estabilizou-se, mostrando-se ao final do teste valores próximos a 3600 ppm. O alto valor de concentração de CO<sub>2</sub> monitorados nos grãos de soja do grupo II pode estar relacionado com a qualidade dos grãos. Diversos autores obtiveram resultados de relação entre a qualidade dos grãos com a concentração de dióxido de carbono, sendo que, os valores acima de 1000 ppm indicaram uma perda de matéria seca e nutricional significativas nos grãos, (ABALONE et al., 2013; KALETA & GÓRNICKI, 2013; NEVES & SAVELLI, 2017; OCHANDIO et al., 2017; RAUDINENE et al., 2017; TAHER et al., 2019).

**CONCLUSÕES:** Nos grãos do grupo I houve maior variação na temperatura ao longo do tempo, com maiores valores na posição central em relação ao grupo II. A diferenciação da qualidade pode ser comprovada pela concentração de dióxido de carbono, indicando que o uso desses dispositivos tem aplicabilidade no monitoramento para redução de perdas no transporte pós-colheita.

**AGRADECIMENTOS:** CAPES, CNPq, FAPERGS-RS, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)-Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS) pelo apoio financeiro e disponibilidade para realização dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

- ABALONE, R.; GASTÓN, A.; BARTOSIK, R.; CARDOSO, L.; RODRIGUEZ, J. Gas concentration in the interstitial atmosphere of a wheat silo-bag. Part I: Model development and validation. **Journal of Stored Products Research**, v.47, p.268-275, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 11 de maio de 2007, anexo – **Regulamento Técnico para soja**. Diário Oficial da União, Brasília, 2007.
- CORADI, P. C.; LIMA, R. E.; PADIA, C. L.; ALVES, C. Z.; TEODOTO, P. E.; CANDIDO, A. C. S. Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments. **Journal of Stored Products Research**, v.89, p.1-9, 2020.
- CORADI, P. C.; OLIVEIRA, M. B.; OLIVEIRA, C. L.; SOUZA, G. A. C.; ELIAS, M. C.; BRACKMANN, A., TEODORO, P. E. Technological and sustainable strategies for reducing losses and maintaining the quality of soybean grains in real production scale storage units. **Journal of Stored Products Research**, v.87, p.1-12, 2020.
- KALETA, A.; GÓRNICKI, K. Criteria of Determination of safe grain storage time- A review. **Advances in Agrophysical Research**, v.12, p.300-3017, 2013.
- NEVES, E.; SAVELLI, R. A. M. Determinação da perda de peso de grãos de milho armazenados através de diferentes métodos. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.26, p. 257-270, 2017.
- OCHANDIO, O.; BARTOSIK, R.; GASTON, A.; ABALONE, R.; BARRETO, A. A.; YOMMI, A. Modelling respiration rate of soybean seeds (*Glycine max* L.) in hermetic storage. **Journal of Stored Products Research**, v.74, p. 36-45, 2017.
- PRATAP, A.; MEHANDI, S.; PANDEY, V. R.; MALVIYA, N.; KATIYAR, P. K. Pre- and Post-harvest Management of Physical and Nutritional Quality of Pulses. **Biofortification of Food Crops**, v.1, n.421-431, 2016.
- RAUDIENE, E.; RUSINSKAS, D.; BALCIUNAS, G.; JUODEIKIENE, G.; GAILIUS, D. Carbon Dioxide Respiration Rates in Wheat at Various Temperatures and Moisture Contents. **Journal of Metrology Society of India**, v.21, n.1, 2017.
- SANTOS, A. B.; SPROESSE, R. L.; BATALHA, M. O. Exploring strategic characteristics of intermodal grain terminals: Empirical evidence from Brazil. **Journal of Transport Geography**, v.66, n.1, p. 259-267, 2018.
- TAHER, H. I.; URCOLA, H. S.; CENDOYA, M. G.; BARTOSIK, R. E. Predicting soybean losses using carbon dioxide monitoring during storage in silo bags. **Journal of Stored Products Research**, v.82, p.1-8, 2019.