



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v.13, n. Esp, p.1-9, dez, 2024

PROPRIEDADE DIELÉTRICA EM SEMENTES DE SOJA BENEFICIADAS EM ESPIRAL ROTATIVO COM DIFERENTES VELOCIDADES

MUNSBURG, R. N.¹; DOS SANTOS, T. S.¹; BUCK, G.¹; DA SILVA, T. A.¹; GADOTTI, G. I.¹.

¹Universidade Federal de Pelotas - UFPel

Palavras-chave:

capacitância, qualidade, comparação, operação, dano

Resumo

A produção de sementes de soja de alta qualidade é limitada por danos mecânicos, umidade inadequada e contaminação por microrganismos e insetos. Propriedades físicas como massa específica, teor de água e composição química são importantes para determinar a qualidade das sementes e podem ser medidas de forma indireta e não destrutiva através da permissividade dielétrica. Este estudo verifica a relação entre a capacitância de sementes de soja beneficiadas em um separador espiral rotativo com diferentes velocidades com a qualidade fisiológica das sementes. Os resultados mostraram diferenças significativas com o aumento da velocidade do equipamento. Aumentando a velocidade, a capacitância e a germinação diminuíram, indicando que menos sementes de alta qualidade eram descartadas. Concluiu-se que sementes de alta qualidade fisiológica têm maiores valores de capacitância.

DIELECTRIC PROPERTY IN SOYBEAN SEEDS PROCESSED IN A ROTARY SPIRAL WITH DIFFERENT SPEEDS

Keywords: capacitance, quality, proportion, operation, damage

Abstract

The production of high-quality soybean seeds is limited by mechanical damage, inadequate moisture, and contamination by microorganisms and insects. Physical properties such as specific mass, water content and chemical composition are important to determine seed quality and can be measured indirectly and non-destructively through dielectric permittivity. This study verifies the relationship between the capacitance of soybean seeds processed in a rotating spiral separator at different speeds and the physiological quality of the seeds. The results showed significant differences with increasing equipment speed. Increasing speed, capacitance and germination decreased, indicating that fewer high-quality seeds were discarded. It was concluded that seeds of high physiological quality have higher capacitance values.

Artigo Submetido dia 22/09/2024

Artigo Aceito dia 16/12/2024

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional exige maior produção de alimentos, destacando a importância de variedades geneticamente melhoradas e sementes de alta qualidade. Como principal insumo agrícola, as sementes garantem o desempenho genético das culturas e o estande adequado de plantas, fundamentais para altas produtividades (AUMONDE et al., 2019).

Nesse contexto, as sementes usadas na semeadura tornam-se o insumo básico e fundamental para o sucesso da produção. Por isso, é indispensável o uso de sementes de alta qualidade (MACIEL; TUNES, 2021).

A cultura da soja detém atualmente, intensa atividade de pesquisa dirigida para a obtenção de informações, a utilização de sementes de qualidade é de suma importância, fator primordial no sucesso em uma lavoura. A produção de sementes que garanta esse desempenho depende da adoção de técnicas tradicionais associadas a tecnologias modificadas, adaptadas e aprimoradas, bem como a incorporação de inovações em todo o processo, envolvendo fases de campo, pós-colheita e

gestão da qualidade, não sendo justificável descartar semente na Unidade de Beneficiamento de Sementes (FRANÇA NETO, 2016).

Os principais fatores que comprometem a produção de sementes de soja de alta qualidade incluem danos mecânicos, que ocorrem durante o manejo com máquinas e equipamentos, e a colheita fora do período ideal, principalmente em condições de excesso de umidade devido as chuvas. Além disso, a ação por microrganismos e insetos também contribui para a deterioração das sementes (FRANÇA-NETO, 2016; HENNING, 1984).

Os danos mecânicos e o beneficiamento de sementes estão interligados, pois ambos afetam significativamente a qualidade final das sementes. O beneficiamento é crucial para remover contaminantes, como materiais estranhos (vagens, ramos, torrões e insetos), e sementes danificadas, e para classificar as sementes por tamanho. Esse processo melhora a pureza, uniformidade e qualidade do lote, garantindo que sementes de alta qualidade sejam disponibilizadas no mercado (FRANÇA-NETO, 2016).

No beneficiamento de sementes,

as propriedades físicas dos grãos e sementes, como massa específica, teor de água, temperatura e composição química, são parâmetros importantes. Esses fatores influenciam as condições para armazenagem e processamento, garantindo a preservação da qualidade das sementes. Estas propriedades podem ser determinadas de forma indireta, rápida e não destrutiva por meio de medições da permissividade dielétrica (ARAÚJO, 2017).

A permissividade dielétrica é uma propriedade fundamental dos materiais, refletindo sua capacidade de armazenar energia quando submetidos a um campo eletromagnético (TRABELSI et al., 1998). Sua componente real está associada à capacidade de armazenamento de energia, enquanto a componente imaginária está relacionada às perdas por dissipação de energia (NELSON, 2015).

O estudo das propriedades dielétricas de grãos e sementes é crucial tanto na pesquisa básica quanto aplicada (BARTTLEY; NELSON, 2002). O interesse na utilização das propriedades dielétricas de produtos agrícolas granulares decorre do seu grande potencial para a implementação

de novas tecnologias, como a medição contínua do teor de água em operações com controle automático de processos, incluindo colheita, a secagem e a aeração (MOURA, 2012). Produtos agrícolas e alimentares, sendo higroscópicos, apresentam diferenças significativas nas propriedades dielétricas entre a matéria seca e água.

Nelson e Trabelsi (2004) demonstraram que as propriedades dielétricas de sementes e grãos de trigo, soja e milho dependem da frequência do dispositivo de medição, teor de água, massa específica e temperatura. Entre esses, o teor de água é o principal fator que contribui para a variação da permissividade dielétrica (SACILIK; COLAK, 2010).

A análise da capacitância é um parâmetro essencial para caracterizar as propriedades dielétricas dos grãos, e sua variação sob diferentes condições de frequência e umidade, é uma ferramenta importante para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, sua avaliação é rápida e não destrutiva, oferece dados cruciais para o aprimoramento e desenvolvimento de sensores capacitivos, entre outras aplicações tecnológicas (BUCK et al., 2023).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a capacitância das sementes de soja beneficiadas em um separador de espiral rotativo operando a diferentes velocidades e correlacioná-la com a qualidade fisiológica das sementes.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas na empresa parceira Cambaí Sementes, localizada no município de São Luiz Gonzaga na região das missões, no estado do Rio Grande do Sul. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Fibra IPRO, cujas sementes foram beneficiadas em um separador espiral rotativo, posicionado após a classificação por peneiras de tamanhos menores (P1). As amostras coletadas apresentaram variação tanto no aproveitamento quanto no descarte.

Utilizando o método da estufa a 105 °C por 24h, foi determinado que o teor de água médio entre as amostras era de 11% (BRASIL, 2009).

Foi utilizado um sensor capacitivo com capacidade de aproximadamente 250 mL de grãos. A capacitância foi calculada com base em uma adaptação da Lei de Gauss por Araújo (2022). O

sensor foi conectado a um dispositivo de medição LCR modelo U1731C da Keysight Technologies®, capaz de avaliar a impedância elétrica e medir parâmetros de indutores, resistores e capacitores em diversas frequências. A capacitância do sensor, preenchido com grãos (Ccheio), foi medida após a remoção do excesso de material. Como os demais parâmetros estruturais do sensor (ϵ_0 , L, DB e DA) permaneceram constantes, a única variação observada foi a permissividade dielétrica total. A capacitância foi medida três vezes para permitir uma análise estatística precisa. A capacitância total (F) foi investigada a 100 kHz. A análise estatística incluiu ANOVA de dois fatores com repetição e teste de Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 descreve como a capacitância das sementes de soja varia em a função das diferentes velocidades do espiral rotativo avaliado no experimento. A capacitância, uma propriedade dielétrica diretamente relacionada à capacidade da semente de armazenar carga elétrica, apresentou diferenças

estatisticamente significativas conforme o aumento da velocidade do equipamento.

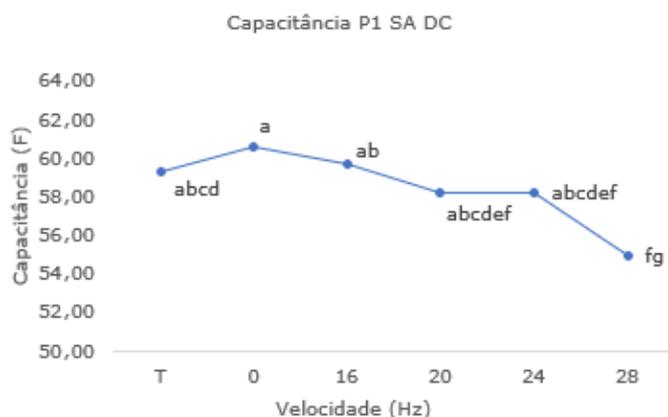


Figura 1. Capacitância (F) da cultivar BMX Fibra IPRO descartadas pela espiral rotativa em diferentes velocidade, para peneira P1. (SA: sementes achatadas; DC: descarte).

Valores mais baixos de capacitância (~54 F) em 28 Hz indicam que, em altas velocidades, apenas sementes com características dielétricas inferiores são segregadas para descarte.

A redução da capacitância está relacionada à menor permissividade dielétrica das sementes descartadas. Sementes de qualidade inferior, geralmente danificadas ou com baixo teor de água, armazenam menos carga elétrica, resultando em menores valores de capacitância.

Essas diferenças sugerem que a velocidade do espiral influencia diretamente a interação das

sementes com o campo elétrico aplicado. Velocidades mais altas podem alterar o movimento e a disposição das sementes dentro do espiral, resultando em mudanças na densidade ou uniformidade do fluxo, o que impacta os valores de capacitância registrados.

Esse comportamento evidencia a sensibilidade das propriedades dielétricas das sementes às condições físicas do beneficiamento, destacando o potencial do espiral rotativo não apenas como um equipamento de classificação física, mas também como uma ferramenta que pode interferir em características dielétricas importantes para a qualidade das sementes.

A Figura 2, apresenta os dados de germinação das sementes de soja, evidenciando um decréscimo com o aumento da velocidade do espiral rotativo, acompanhado por algumas diferenças estatisticamente significativas.

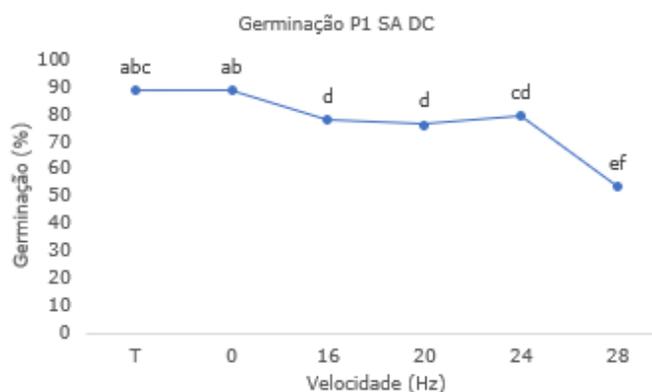


Figura 2. Percentual de germinação da cultivar BMX Fibra IPRO

descartadas pela espiral rotativa em diferentes velocidades, para peneira P1. (SA: sementes achatadas; DC: descarte).

Com o aumento da velocidade, observa-se que tanto a capacitância quanto a germinação das sementes diminuem. Isso indica que a velocidades mais altas resultam em uma menor proporção de sementes de boa qualidade fisiológica sendo descartadas na bica de rejeitos.

A menor germinação observada, aproximadamente 55%, em 28 Hz indica que as sementes descartadas nesse tratamento são mais comprometidas fisiologicamente, confirmando a eficiência da espiral rotativa em remover sementes com baixo vigor e germinação.

Sementes mais comprometidas armazenam menos carga devido ao menor teor de água ou presença de danos, fatores que impactam diretamente as propriedades dielétricas (NELSON, 2015).

Portanto, o aumento da velocidade torna o processo mais eficiente, ao reduzir a perda de sementes viáveis durante o beneficiamento. Esses resultados, confirmados pelo comportamento decrescente de ambas as variáveis, reforçam a eficácia do ajuste de velocidade no

equipamento como uma estratégia para otimizar a separação e manter a qualidade das sementes.

Até o momento, há pouca bibliografia disponível sobre as propriedades dielétricas de sementes. Contudo, uma forma de compreender o significado da capacitância é por meio da analogia com estudos de condutividade elétrica. Nos testes de condutividade elétrica, observa-se que sementes de alta qualidade fisiológica apresentam baixos valores dessa variável. Por outro lado, sementes mais danificadas liberam maior quantidade de exsudatos, o que resulta em valores mais elevados de condutividade elétrica (TILMANN; TUNES; ALMEIDA, 2019).

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstram que sementes de soja com menor qualidade fisiológica apresenta valores inferiores de capacitância, refletindo suas propriedades dielétricas reduzidas.

O aumento da velocidade da espiral rotativa promove uma diminuição nos valores de capacitância das sementes descartadas, indicando que o equipamento está aprimorando a eficiência do processo de

separação. Esse comportamento sugere que, em velocidades mais elevadas, o sistema favorece a retenção de sementes de maior qualidade fisiológica, enquanto sementes de menor qualidade são direcionadas para o descarte

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Profile Industries pelo suporte técnico e financiamento parcial do projeto.

À Cambaí sementes pela parceira na disponibilização das amostras.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel), especialmente ao Centro de Engenharias (CEng), pela infraestrutura e recursos disponibilizados. Manifestamos também nossa gratidão ao Laboratório de Agrotecnologia (LabAgrotec) pela cooperação e suporte experimental. O apoio e contribuição de todas essas instituições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Á. S. Desenvolvimento de um sensor capacitivo de medição da massa específica de sementes para automação da mesa de gravidade. 2017. 55f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes)

– Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

ARAÚJO, G.D. Incidência de defeitos em grãos de arroz ao longo do ano em armazenamento em silos metálicos – um estudo de caso em indústria de grande porte. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas. AUMONDE, Z. T.; PEDO, T. A. A semente na estratégia ecofisiológica para alto rendimento. Sua semente tem valor ou tem preço? Revista Seed News, Pelotas, v. 23, p. 10-18, ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. - Brasília: Mapa/ACS, 399p, 2009.

BARTTLEY Jr., R.W NELSON, S.O.; McClendon, Dimensional analysis of a permittivity measurement probe, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement V. 51 n.6, p. 1312–1315p, 2002.

BUCK, G.; GOMES I. B; SANTOS, T. S.; MONTEIRO, R. C. M.; ARAÚJO, A. S.; GADOTTI, G. I. Estudo das propriedades dielétricas de grãos de arroz parboilizado em diferentes

- níveis de umidade. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 30., 2023, Pelotas. *Anais [...]*. Pelotas: UFPel, 2023. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2023/CA_02798.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.
- DE MOURA, E. E. Proposta computacional para medição on-line do teor de água de grãos de sorgo. 2012. 159f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal, Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- EMBRAPA. Minicurso: análise de sementes e qualidade fisiológica. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/866714/1/minicurso01.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Fatores que afetam a qualidade da semente de soja. Londrina: Embrapa Soja, 1984. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/444358>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- FRANÇA NETO, J. Evolução do conceito da qualidade de sementes. *Revista Seed News*, Pelotas, v. 20, p. 5, set. 2016. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/7-10-evolucao-do-conceito-da-qualidade-das-sementes-edicao-setembro-2016>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- FRANÇA-NETO, J. B. Avaliando a qualidade de sementes para um bom estabelecimento da lavoura. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 8 p. (Documentos, 380). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1057882/1/Documentos380OL1.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- MACIEL, L. M.; TUNES, L. V. M. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. *Brazilian Journal Of Development*, Curitiba, v. 7, n. 5, maio 2021.
- NELSON, S. O; Dielectric properties of agricultural materials and their applications. Athens: Academic Press, 292.p, 2015.
- NELSON, R.W; TRABELSI, S. Principle for microwave moisture and density measurement in grain and seed. *International Microwave Power Institute*, n. 39, v.2, p.107-117, 2004.
- SACILIK, K; COLAK, A. Determination of dielectric properties of corn seeds from 1 to 100 MHz. *Powder Technology*, Ankara, p. 365-370, 2010.
- TILMANN, M. A. A.; DE TUNES, L. M.; ALMEIDA, A. S. Análise de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. *Sementes: fundamentos científicos*

e tecnológicos. 4. ed. Pelotas:
Becker & Peske Ltda, 2019. Cap. 3,
p. 147-253.

TRABELSI, S.; KRASZEWSKI,
A.W.; NELSON, S. O. New density-
independent calibration function
for microwave sensing of moisture
content in particulate materials.
IEEE Transactions on
Instrumentation and
Measurement, v.47, n.3, p.613-
622, 1998.