

INFLUÊNCIA DO GRAU DE UMIDADE NA POROSIDADE E MASSA ESPECÍFICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE MILHO

**Larissa Thaís Prediger¹; Guilherme dos Santos Tedesco²; Anna Klug Milech³; Luan
Henrique dos Santos Rocha⁴; Ricardo Scherer Pohndorf⁵.**

¹ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: larissathais.prediger@hotmail.com

² Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: guilhermetedesco42@gmail.com

³ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: annakmilech@gmail.com

⁴ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: luanhsr.h@gmail.com

⁵ Professor de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: ricardoscherer.eng@gmail.com

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar e comparar a massa específica aparente e a porosidade de três variedades de milho (amarelo, pipoca e rajado) sob diferentes teores de umidade. As amostras de grãos foram submetidas a um processo de secagem, e as propriedades físicas foram avaliadas em faixas de umidade que variaram de 25% a 13,4%. O estudo foi conduzido no Laboratório de Engenharia de Pós-Colheita da Universidade Federal de Pelotas. Os resultados indicaram que a variedade do milho impacta significativamente essas propriedades. O milho pipoca apresentou a maior massa específica aparente, entre 754 kg/m³ e 820 kg/m³, e a menor porosidade, variando de 22% a 32%. Em contrapartida, os milhos amarelo e rajado registraram maior porosidade, com valores acima de 40%, o que pode facilitar processos como aeração e secagem, mas exige maior volume para armazenamento. Concluiu-se que os projetos de sistemas de secagem, aeração e armazenamento devem ser ajustados para cada variedade de milho, a fim de garantir a eficiência operacional e a manutenção da qualidade do produto.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades físicas de grãos, como a massa específica aparente, a massa específica real e a porosidade intergranular são parâmetros quantitativos críticos que governam a eficiência, a qualidade e os custos de todas as operações pós-colheita (RUFFATO, et al., 1999). Essas propriedades determinam o comportamento da massa de grãos durante a secagem, aeração, armazenamento, transporte e processamento, impactando diretamente a conservação da qualidade e a viabilidade econômica da produção (SANTOS, 2012).

A massa específica aparente, que considera o volume total incluindo os espaços intergranulares, é fundamental para o dimensionamento de silos, moegas e sistemas de transporte, pois determina a capacidade de armazenamento em massa para um dado volume (ARAÚJO, 2017; BOTELHO et al., 2018). A porosidade representa a fração do volume total de uma massa de grãos que não é ocupada pelos sólidos, ou seja, o volume dos espaços intergranulares preenchidos por ar (LV, 2021). A porosidade é talvez, o parâmetro mais crítico para processos de transferência de calor e massa, pois, alta porosidade facilita o fluxo de ar através da massa de grãos, reduzindo o gasto energético em operações de secagem e aeração, enquanto uma baixa porosidade aumenta a resistência ao fluxo de ar, dificultando essas operações (COELHO, 2018).

O teor de água constitui um dos principais fatores determinantes das propriedades físicas de produtos agrícolas (BOTELHO et al., 2018), uma vez que a água presente nos grãos afeta a massa, o volume de cada partícula e o arranjo da massa granular (RIBEIRO, 2005). Durante a secagem, sua remoção promove a contração volumétrica e, conseqüentemente, altera todas as propriedades físicas, com variações que podem ser expressivas entre diferentes variedades de milho (RIBEIRO, 2005).

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar e comparar a massa específica aparente e a porosidade de três variedades de milho, amarelo, pipoca e rajado, sob diferentes graus de umidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia de Pós-Colheita do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Amostras de milho amarelo farináceo, pipoca e rajado foram submetidas a um processo de secagem, com avaliações realizadas em diferentes níveis de umidade. Os equipamentos utilizados incluíram uma balança de precisão, proveta graduada, óleo de soja e um medidor de umidade por capacitância.

O teor de água foi determinado pelo método indireto de capacitância em diferentes estágios da secagem para cada variedade. As faixas de umidade analisadas foram: 24,4% a

13,4% para o milho pipoca, 24,4% a 14,65% para o milho amarelo, e 25% a 13,9% para o milho rajado.

A massa específica aparente ($\rho_{aparente}$) foi calculada a partir da razão entre a massa de uma amostra de grãos e o volume total ocupado em uma proveta, utilizando a Equação 1:

$$\rho_{aparente} = \frac{m_{amostra}}{V_{aparente}} \quad (1)$$

A massa específica real (ρ_{real}), necessária para o cálculo da porosidade, foi determinada pelo método de deslocamento de volume com óleo de soja.

A porosidade foi então calculada a partir dos valores de massa específica aparente e real, de acordo com a Equação 2:

$$Porosidade = \left(1 - \frac{\rho_{aparente}}{\rho_{real}}\right) * 100 \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise comparativa da massa específica aparente, demonstrada na Figura 1, o milho pipoca apresentou os valores mais elevados, situando-se entre 754 kg/m³ e 820 kg/m³, com uma tendência de aumento à medida que a umidade diminuía. Em contraste, o milho amarelo registrou os menores valores, variando entre 625 kg/m³ e 685 kg/m³. O milho rajado demonstrou um comportamento intermediário, com valores entre 700 kg/m³ e 745 kg/m³. A maior massa específica do milho pipoca pode ser atribuída a um melhor "empacotamento" dos grãos devido ao seu formato e tamanho (PEDROSA, 2006).

Os resultados de porosidade também variaram significativamente. O milho amarelo e o rajado apresentaram os maiores índices, com valores acima de 40%. O milho pipoca, por outro lado, apresentou a menor porosidade, com valores que variaram de aproximadamente 22% a 32%, diminuindo com a redução da umidade.

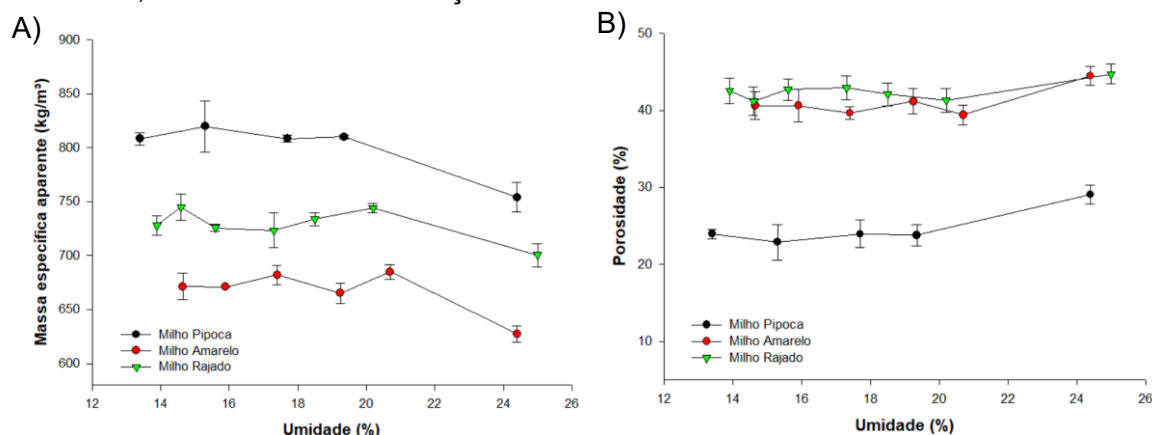


Figura 1. (A) Variação da massa específica aparente (kg/m³) (B) Porosidade (%) para as variedades de milho Pipoca, Amarelo e Rajado em diferentes graus de umidade (%).

Fonte: Autor.

4. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que a variedade do milho tem um impacto substancial na massa específica aparente e na porosidade da massa de grãos. O milho pipoca destacou-se pela maior massa específica aparente e menor porosidade. Em contraste, o milho amarelo e o rajado apresentaram maior porosidade, o que pode facilitar a aeração, mas exige maior volume de armazenamento para a mesma massa. O grau de umidade aumentou a porosidade das variedades de milho, reforçando que os projetos de sistemas de secagem e aeração devem ser ajustados especificamente para cada variedade de milho.

5. REFERÊNCIAS

- SANTOS, C. C. dos. Massa específica e porosidade de grãos pelo método de complementação de líquidos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1928-1936, 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/massa%20especifica.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.
- RUFFATO, S. *et al.* Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 700-706, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/JVLLDLHDpPcRBsHzspwQmdm/>. Acesso em: 18 set. 2025.
- ARAÚJO, K. T. A. *et al.* Determinação das propriedades físicas de grãos de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 4., 2017, Belém. **Anais** [...]. Belém: CONFEA, 2017. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/agronomia/49_ddpfdgdmzm1.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.
- BOTELHO, F. M.; *et al.* Metodologias para determinação de massa específica de grãos. **Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 251-259, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/7922>. Acesso em: 18 set. 2025.
- COELHO, R. S. *et al.* **Propriedades Físicas de Diferentes Grãos de Milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, 10., 2018, Cuiabá. **Anais** [...]. Cuiabá: ABRAPÓS, 2018. Disponível em: https://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/910_20181103_02-32-38_806.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.
- LV, Jing *et al.* The performance and model of porous materials in the indirect evaporative cooling system: a review. **Journal of Building Engineering**, v. 41, 102741, Sept. 2021. DOI: 10.1016/j.jobbe.2021.102741.
- RIBEIRO, D. M. *et al.* Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 705-710, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/n8QLhN9bHpF5W563tgL63bT/?lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2025.
- PEDROSA, Paulo de Tarso Falcão. **Qualidade no controle de sobremassa na embalagem de pipoca**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5568>. Acesso em: 20 set. 2025.