

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE UMIDADE EM SEMENTES DE SOJA: PRECISÃO E EFICIÊNCIA DE MÉTODOS INDIRETOS

Wemerson Ferreira Macedo¹, Marcio Rogério Pereira Leite²

¹Estudante do Curso Pós-Graduação Lato Sensu em Desenvolvimento Agropecuário Sustentável – IFTO. e-mail: <wemerson.macedo@estudante.ifto.edu.br>

² Docente do Curso Bacharelado em Engenharia Agrônômica – IFTO. Orientador(a). e-mail: marcio.leite@ifto.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa de maior importância global, com a produção brasileira respondendo por uma parcela significativa desse cenário. Fisiologicamente, a cultura requer uma precipitação de 600-800 mm e sua produtividade é intrinsecamente ligada a fatores ambientais, como a disponibilidade hídrica (Lobo; Souza; Puiatti, 2017). A umidade em sementes é um parâmetro de qualidade crítico, influenciando diretamente a germinação, o vigor e a longevidade, conforme estabelecido por Marcos Filho (2015). A determinação precisa do teor de umidade é, portanto, essencial para a manutenção da viabilidade e do potencial germinativo, além de ser um requisito legal para a comercialização de grãos. No Brasil, a Instrução Normativa 11/2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece o limite de 14% de teor de água para grãos de soja.

A medição da umidade pode ser realizada por métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos, como a dessecação em estufa, são considerados o padrão oficial (Brasil, 2009), pois removem a água por aquecimento e a calculam pela diferença de massa. Apesar de sua precisão, são demorados (24 horas). Por outro lado, os métodos indiretos ou expeditos utilizam propriedades físicas, como a resistência ou capacitância elétrica, para uma determinação mais rápida. Embora ofereçam celeridade, sua precisão pode ser inferior aos métodos diretos, exigindo validação (Briggs, 1908; Zeleny, 1954).

A busca por soluções ágeis para o controle de qualidade no setor agrícola justifica a avaliação de métodos indiretos. Neste contexto, o presente estudo comparou a precisão de dois métodos indiretos — um analisador de umidade por resistência elétrica (lâmpada halógena) e um medidor de umidade por capacitância — em relação ao método padrão da estufa. A problemática central desta pesquisa foi: "Qual alternativa de método indireto oferece maior precisão na análise de umidade em sementes de soja em comparação com o método padrão da estufa?". A pesquisa justifica-se pela necessidade de validar métodos expeditos que garantam a qualidade das sementes, otimizando o manejo agrícola e contribuindo para a sustentabilidade e segurança alimentar.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi comparar a precisão dos métodos indiretos de análise de umidade por resistência elétrica e capacitância com o método padrão da estufa em grãos de soja, a fim de determinar a viabilidade dos métodos expeditos como substitutos do método de referência. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - Campus Araguatins.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi idealizada, desenvolvida e realizada no laboratório de sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Araguatins, instalando-a segundo o delineamento inteiramente Casualizado (DIC), com três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 parcelas. A análise estatística foi realizada com análise de variância e Scott & Knott para comparação das médias. Os três tratamentos ou variáveis foram o método padrão da estufa a 105°C ± 3 por 24 h (T1) e os métodos expeditos utilizando o analisador de umidade por resistência (T2) e o

medidor de umidade por capacitância (T3). É importante reiterar que o método padrão da estufa será utilizado como testemunha para os demais métodos expeditos, comparando-os para saber a precisão e confiabilidade.

Inicialmente, é essencial padronizar a umidade das repetições de cada método empregado, assegurando que todos estejam sujeitos às mesmas condições. Para alcançar essa uniformidade, 100 ml de água destilada foram adicionados às caixas Gerbox. Logo em seguida, todas as caixas foram inseridas na incubadora B.O.D, onde ficaram por um período de 24 h para padronizar a umidade entre as amostras. Para este feito, a incubadora foi regulada em uma temperatura de 25°C. Após o período de 24 horas, as amostras foram retiradas da incubadora, pesadas com balança analítica já calibrada e divididas em 21 parcelas, sendo submetidas aos procedimentos exigidos por cada método de mensuração.

Os métodos de determinação de umidade em sementes apresentam diferentes níveis de precisão, tempo de análise e complexidade operacional. O método da estufa de secagem a 105 °C por 24 horas é considerado padrão de referência, sendo utilizado como base comparativa para os demais. Nesse processo, as amostras são dispostas de forma uniforme em bandejas metálicas dentro da estufa, garantindo homogeneidade na secagem. Após o período estabelecido, são resfriadas em dessecadores com sílica gel, evitando variações de umidade. O cálculo final resulta da diferença entre a massa inicial e a massa seca, expressa em percentual. Trata-se de um método confiável, embora mais demorado.

O segundo procedimento é o método expedito com analisador de umidade elétrico por resistência, que utiliza lâmpada halógena para promover o aquecimento e a evaporação da água presente na amostra. O equipamento possui sensores que asseguram distribuição uniforme do calor, além de permitir ajustes de tempo e temperatura, oferecendo maior rapidez em comparação à estufa. Antes do uso, o aparelho é calibrado com pesos-padrão, garantindo precisão na leitura. Com amostras médias de 5 g, o resultado é obtido de forma ágil, com boa confiabilidade.

Por fim, o método expedito com medidor de umidade elétrico por capacitância destaca-se pela praticidade e não destrutividade das amostras. O equipamento integra balança, termômetro digital e capacitômetro, controlados por microprocessador, permitindo correções automáticas de massa e temperatura. O processo consiste em selecionar a cultura, inserir a quantidade necessária de sementes e aguardar a leitura direta do teor de umidade no display. Esse método alia agilidade, versatilidade e conveniência, sendo bastante útil em análises rápidas e rotineiras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos de determinação do teor de umidade estudados apresentaram resultados satisfatórios, com pouca variação entre as parcelas. O método da estufa, padrão e testemunha aos demais métodos demonstrou uma média de 17,38% de umidade.

O método por resistência foi o que apresentou maior variância entre os demais, indicando uma maior sensibilidade na detecção da amostra. O tempo que o aparelho levou para ler cada amostra foi em média de 06 minutos e 08 segundo, percebendo assim a relação de massa e tempo de análise, desse modo, quanto maior for a massa das amostras, maior também será o tempo de dessecação de cada amostra.

Os resultados no tratamento 3 apresentaram uma boa uniformidade e consistência nas amostras vistas, o que difere totalmente com o tratamento anterior. Em comparação com método anterior, o da lâmpada halógena, que demonstrou variações nos resultados, o analisador por capacitância se destaca pela sua estabilidade.

Com as médias de cada experimento é possível realizar a comparação e análise de variância.

Tabela 1. Comparação entre as médias de umidade dos tratamentos

Parcela	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
1	17.9	14.2	16.6
2	17.85	13	16.7
3	18.29	14.1	16.7
4	17.39	12.9	16.4
5	17.36	15.95	16.4
6	15.36	15.59	16.5
7	15.53	16.3	16.4
Média (%)	17.1	14.58	16.52

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

A análise descritiva dos tratamentos demonstra que na comparação dos tratamentos em relação ao T1, observa-se que o T2 apresentou uma média muito inferior evidenciando desempenho menor em relação ao tratamento de referência. Além disso, o T2 apresentou uma variabilidade moderada, com desvio-padrão de 1,38, indicando maior dispersão dos dados em comparação ao T3, pois, embora também apresente média ligeiramente menor em relação ao T1, destacou-se pela baixa variabilidade, com desvio-padrão de apenas 0,13 e EPM de 0,05, revelando maior precisão e consistência nos resultados. Logo, o T2 foi menos eficiente e mais disperso em relação ao T1, o T3 mostrou-se estatisticamente mais estável, mesmo apresentando média um pouco abaixo da estufa.

Tabela 2. Estatística Descritiva dos Tratamentos

Tratamentos	Média	Variância	Desv. Padrão	EPM
Estufa (T1)	17,3828571	2,48379048	1,57600459	1,57600459
Resistência (T2)	14,5771429	1,92482381	1,38738020	0,5243804
Capacitância (T3)	16,5285714	0,01904762	0,13801311	0,0521640

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

A análise estatística mostrou que o método de capacitância apresentou resultados estatisticamente similares ao método padrão da estufa (figura 3). A pequena diferença entre as médias foi considerada aceitável, pois se manteve dentro dos limites de tolerância das RAS (2009), corroborando estudos anteriores que validaram a precisão do método de capacitância para grãos de soja (Olivo, 2010; Moritz et al., 2012). Sua agilidade (tempo de leitura de menos de 40 segundos) e a conveniência de não ser destrutivo e realizar correções automáticas o tornam uma alternativa promissora.

Tabela 3. Comparação entre médias dos Tratamentos segundo Scott & Knott.

Tratamento	Umidade (%)
T1	17,38 a
T2	14,57 b
T3	16,52 a
Coefficiente de variação	7,5163

Significância ao nível 5% de probabilidade.

Fonte: Wemerson Ferreira Macedo (2024).

Comparando os tratamentos segundo Scott & Knott, é notável a disparidade entre a média do tratamento T2 com os demais, apresentando-se fora da tolerância de 0,7 permitida pela RAS (2009). Conforme a análise, os métodos T1 e T3 são estatisticamente afins.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os métodos de determinação de umidade em sementes de soja demonstrou que o analisador por capacitância é a alternativa indireta mais precisa e eficiente em relação ao método padrão da estufa. A sua equivalência estatística com o método de referência e a conformidade com os limites de tolerância estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) validam a sua aplicação como uma ferramenta viável e prática para o controle de qualidade, atendendo à demanda por resultados rápidos e confiáveis no agronegócio.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal do Tocantins - Campus Araguatins pela infraestrutura e suporte. Um agradecimento especial é estendido ao Professor Me. Márcio Rogério Pereira Leite pela orientação e contribuições essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ADEMIR, A. et al. Tecnologia de sementes. [S.l.: s.n.], [2020?]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222462/1/p.-293-316-de-SP17-2020-online.pdf>. Acesso em: 9 set. 2024.
- ANTUNES, Marcelo Carvalho. Modelagem matemática e computacional de um medidor de umidade de grãos. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- MORAES, Wendel dos Santos et al. Delineamento em blocos casualizados nas pesquisas em ciências agrárias: uma revisão integrativa de literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e53510817616, 2021.
- FERREIRA, L. M. et al. Avaliação de métodos para determinação do teor de água em sementes de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 351-356, 2019.
- TEJO, Débora Perdigão; FERNANDES, C. H. dos S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF*, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.