

# ACELERAÇÃO DO TESTE DE FRIO: UMA ABORDAGEM PARA A OTIMIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE MILHO

LAZARETTI, Norma Schlickmann<sup>1</sup>  
MARCHIORO, Volmir Sérgio<sup>2</sup>

## RESUMO

O milho (*Zea mays*) é uma cultura globalmente essencial, e a qualidade fisiológica das sementes é fundamental para garantir um estande ideal e alta produtividade. Para acelerar a tomada de decisão na indústria de sementes, este trabalho buscou otimizar a metodologia do teste de frio sem solo em sementes de milho, visando reduzir o tempo necessário para obter resultados. O experimento foi conduzido em 2010, na extinta Coodetec em Cascavel/PR, utilizando os híbridos CD 308, CD 321 e CD 356. O delineamento foi em DBC. Foram avaliados três tratamentos de tempo e temperatura para o teste de frio, com oito repetições: 3 dias a 6 °C; 5 dias a 8 °C; e, 7 dias a 10 °C (considerado o tratamento padrão). As variáveis analisadas incluíram germinação, vigor (Teste de Frio Modificado) e porcentagem de plântulas normais fortes. Os resultados da análise de vigor (plântulas normais) não mostraram diferença estatística significativa entre os três tratamentos (CV de 4,09%). Este achado sugere que os períodos de resfriamento mais curtos (3 ou 5 dias) em temperaturas mais baixas (6°C ou 8°C) são igualmente eficientes para avaliar o vigor das sementes quando comparados ao tratamento padrão de 7 dias a 10°C. A conclusão é que o teste de frio sem solo para sementes de milho pode ser otimizado utilizando-se tempos de resfriamento menores e temperaturas mais baixas (3 dias a 6°C ou 5 dias a 8°C). Essa nova metodologia se mostrou eficiente e confiável para a avaliação do vigor, proporcionando um ganho de agilidade na análise de sementes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*. Qualidade Fisiológica. Germinação. plântulas normais fortes. agilidade.

## ACCELERATION OF THE COLD TEST: AN APPROACH TO OPTIMIZING THE EVALUATION OF MAIZE SEED VIGOR

## ABSTRACT

Maize (*Zea mays*) is a globally essential crop, and the physiological quality of seeds is fundamental to ensuring an adequate plant stand and high productivity. To accelerate decision-making in the seed industry, this study aimed to optimize the methodology of the soil-free cold test in maize seeds, seeking to reduce the time required to obtain results. The experiment was conducted in 2010 at the former Coodetec research facility in Cascavel, Paraná State, Brazil, using the hybrids CD 308, CD 321, and CD 356. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD). Three time and temperature treatments for the cold test were evaluated, with eight replications: 3 days at 6°C; 5 days at 8°C; and 7 days at 10°C (considered the standard treatment). The evaluated variables included germination, vigor (Modified Cold Test), and the percentage of strong normal seedlings. The vigor analysis (normal seedlings) showed no statistically significant differences among the three treatments (CV = 4.09%). This finding suggests that shorter chilling periods (3 or 5 days) at lower temperatures (6°C or 8°C) are equally efficient for assessing seed vigor when compared to the standard treatment of 7 days at 10°C. It is therefore concluded that the soil-free cold test for maize seeds can be optimized by using shorter chilling periods and lower temperatures (3 days at 6°C or 5 days at 8°C). This new methodology proved to be efficient and reliable for vigor evaluation, providing greater agility in seed analysis.

**KEYWORDS:** *Zea mays*. Physiological quality. Germination. Strong normal seedlings. Agility.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma cultura com origem nas Américas, que se disseminou globalmente após ser levado para a Europa. Por meio do melhoramento genético, pesquisadores desenvolveram

<sup>1</sup> Professora, Mestre. FAG – Cascavel, PR. E-mail: [normalizezaretti@fag.edu.br](mailto:normalizezaretti@fag.edu.br)

<sup>2</sup> Professor, Doutor. UFSM – Frederico Westphalen, RS. [volmir@marchioro.eng.br](mailto:volmir@marchioro.eng.br)

híbridos com grande capacidade de adaptação a diversas condições de solo e clima, tornando o milho uma das culturas mais importantes da economia mundial.

Ele é uma fonte de renda, gerador de empregos e matéria-prima essencial para a indústria e a produção de alimentos para humanos e animais, sendo o Brasil responsável por 11 % da produção mundial e está em terceiro lugar, ficando atrás apenas da China com 24 % e Estados Unidos 31 % da produção mundial do cereal (USDA, 2025). O Brasil contou com 22 milhões de hectares cultivados, produtividade média de 6.391 quilogramas por hectare e uma produção de 139,7 milhões de toneladas na safra 2024/2025 (CONAB, 2025).

Este trabalho buscou otimizar a metodologia do teste de frio sem solo em sementes de milho, visando reduzir o tempo necessário para obter resultados.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

A qualidade das sementes é um dos fatores mais importantes na agricultura para alcançar os números acima citados, sendo a base para o estabelecimento de qualquer cultura. Ela é definida pela soma de seus atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que juntos determinam a capacidade da semente de gerar plantas de alta produtividade (POPINIGIS, 1985). Jurach (2004) destaca que, para garantir um alto desempenho e produtividade, as sementes precisam qualidade genético superior e alta qualidade fisiológica, permitindo que o produtor obtenha um estande ideal e um rendimento de grãos próximo ao potencial máximo da cultura na região.

Para atender a essa demanda, a tecnologia de sementes tem aprimorado continuamente os testes de germinação e vigor, com o objetivo de que os resultados das análises reflitam de forma mais precisa o comportamento das sementes no campo (GARCIA et al., 2008). O teste de germinação é o método mais comum para avaliar o potencial fisiológico das sementes, mas pode superestimar seu desempenho, já que é realizado em condições ideais de temperatura e umidade (MARCOS FILHO, 2015).

Os testes de vigor complementam as informações da germinação, pois conseguem identificar diferenças na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante. Seus resultados são mais próximos da realidade do campo, especialmente em condições ambientais desfavoráveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O vigor das sementes é um conjunto de características que expressam a capacidade de uma semente germinar, emergir e se desenvolver rapidamente em plântulas normais, mesmo sob condições ambientais adversas (AOSA, 1983).

Segundo Marcos Filho (2015), os resultados dos testes de vigor são comparativos, onde não é possível quantificar o vigor da semente, da mesma maneira que não se quantifica a fertilidade do solo, pois são características imensuráveis. Por exemplo, 60% de plântulas normais em um teste de envelhecimento acelerado, teste de frio ou de primeira contagem não tem significado nenhum se não for comparado com o obtido em outra amostra da mesma espécie e cultivar.

O princípio básico do teste de frio é expor as sementes por um período de tempo (7 dias) a baixas temperaturas (10 °C), alta umidade e, se for o caso, a agentes patogênicos presentes no solo. Esse teste é um instrumento valioso para a seleção prévia de lotes de sementes, avaliando seu desempenho em diversas condições ambientais. Lotes que melhor resistem a essas condições adversas são consideradas de maior potencial fisiológico (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

No Brasil, o teste de frio é um dos mais usados para avaliar o vigor de sementes de milho, especialmente nas regiões Sul e Sudeste, onde a semeadura entre setembro e outubro pode coincidir com frentes frias e chuvosas. Essas condições podem afetar negativamente o estande da lavoura, a depender do vigor das sementes (CICERO; VIEIRA, 2020).

Peres (2010) avaliando diversas metodologias para avaliar o vigor de sementes de milho, constatou que o teste de frio deu o maior coeficiente de correlação (0,9640), classificando-o com perfeição em prever o desempenho de um lote no campo, mas as 339 horas necessárias para a sua completa execução poderia torná-lo inadequado para uma empresa produtora de sementes.

As metodologias de testes de vigor vêm sendo aprimoradas para ter um maior acerto no momento da semeadura, com a emergência mais uniforme das plantas (GRZYBOWSK; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015). Sendo que Lovato, Noli e Lovato (2005), indicam a possibilidade do uso de temperaturas menores (5 e 7,5 °C) que os 10 °C que a metodologia atual indica.

### **3. METODOLOGIA**

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da extinta Coodetec no ano de 2010, utilizando sementes dos híbridos de milho CD 308, CD 321 e CD 356, da safra 2009/2010. O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados, com três tratamentos e oito repetições. Os tratamentos avaliados estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos avaliados para o teste de frio modificado em sementes de híbridos de milho. Cascavel / PR, 2011.

Tratamento	Tempo (dias)	Temperatura (°C)
01	3	6
02	5	8
03	7	10

**Fonte:** Os autores (2011).

As variáveis avaliadas foram a germinação (%), teste de frio modificado (%) e plântulas normais fortes no teste de frio modificado.

Para o teste de germinação, foram utilizadas oito repetições de 50 sementes, seguindo a metodologia das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram distribuídas em rolos de papel, umedecidos com água na proporção de 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a montagem, os rolos foram levados a um germinador com temperatura constante de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A avaliação foi realizada no quinto dia, e os resultados foram expressos como a porcentagem média de plântulas normais.

O teste de frio foi conduzido conforme a metodologia de Cicero e Vieira (2020), utilizando-se o método do rolo de papel, sem adição de solo. Para cada tratamento, foram usadas oito repetições de 50 sementes. As sementes foram distribuídas em rolos de papel umedecido com água na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco.

Após a montagem, os rolos foram colocados dentro de sacos plásticos e mantidos em câmara fria, com temperatura e tempo de exposição definidos pelos tratamentos propostos na Tabela 1. Em seguida, os rolos foram retirados dos sacos plásticos e transferidos para um germinador com temperatura constante de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , onde permaneceram por cinco dias. A avaliação foi realizada seguinte a metodologia para a avaliação do teste de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem.

A avaliação de plântulas normais fortes foi realizada simultaneamente ao teste de frio modificado. A porcentagem foi computada no quinto dia após a semeadura, considerando apenas aquelas com parte aérea com comprimento igual ou superior a 5 cm (KRZYZANOWSKI, 2020).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade de erro. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR 5,6 (FERREIRA, 2019).

#### **4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A análise da Tabela 2 apresentar o resultado da germinação e revela o efeito dos diferentes tratamentos de teste de frio (tempo/temperatura) sobre a qualidade fisiológica de três híbridos de milho, avaliada pelo vigor e pelo desempenho das plântulas.

Tabela 2 – Resultados de germinação e vigor de sementes de milho obtidos através do teste de frio modificado, submetendo a distintos tempos e temperatura. Cascavel / PR, 2011.

Híbrido	Germinação (%)	Tratamento	Vigor (%)	Plântulas Normais	Fortes (%)	
CD 308	98	3 dias 6 °C	96	42 b	51 b	
		5 dias 8 °C	97			
		7 dias 10 °C	97		85 a	
CD 321	95	3 dias 6 °C	94	67 a	84 a	
		5 dias 8 °C	94			
		7 dias 10 °C	92		80 a	
CD 356	95	3 dias 6 °C	92	46 b	72 a	
		5 dias 8 °C	90			
		7 dias 10 °C	93		79 a	
Coeficiente de Variação (%)			4,09	17,54		
Diferença Mínima Significativa			4,60	17,75		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, para cada híbrido, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos de teste de frio (Tratamentos 3 dias 6 °C, 5 dias 8 °C e 7 dias 10 °C) para a variável vigor (Tabela 2). O coeficiente de variação (CV) de 4,09% indica uma alta precisão dos dados (PIMENTEL GOMES e GARCIA, 2002). Esses resultados são promissores, pois sugerem que é possível utilizar períodos de resfriamento mais curtos (3 ou 5 dias) em temperaturas mais baixas (6°C ou 8°C) sem comprometer a avaliação da porcentagem de plântulas normais. Essa metodologia alternativa, portanto, oferece um ganho de agilidade na obtenção dos resultados sem perder a confiabilidade.

Os dados corroboram a literatura que discute a capacidade dos testes de vigor de simular condições de estresse. Estudos anteriores, como os de Lovato, Noli e Lovato (2005) e Garcia et al. (2008) já haviam demonstrado que o teste de frio é um método eficaz para detectar diferenças de vigor em sementes de milho, usando metodologias semelhantes.

Apesar da semelhança nos resultados de vigor entre os tratamentos, a avaliação plântulas normais fortes apresentou diferença significativa. O CV de 17,54% para essa variável indica uma maior dispersão dos dados, o que era esperado, já que o desempenho inicial da plântula é uma medida mais sensível ao estresse do que o vigor obtido através do teste de frio.

Observou-se que a porcentagem de plântula normais fortes foi significativamente menor nos tratamentos com menor tempo de exposição ao frio (3 dias 6 °C e 5 dias 8 °C) em comparação com o

tratamento de 7 dias a 10°C. Esse resultado destaca uma importante limitação, em que a avaliação plântulas normais fortes podem levar à condenação de lotes de sementes, mesmo que eles tenham um alto percentual de vigor. Em razão do milho ser uma cultura de verão, sua sensibilidade a baixas temperaturas é maior, consequentemente, a germinação e o estabelecimento do estande de plântulas podem ser afetados por temperaturas inferiores (GRZYBOWSK, VIEIRA e PANOBIANCO, 2015).

O estudo também revelou variações intrínsecas entre os híbridos. O híbrido CD 308 apresentou resultados de vigor mais elevados nos tratamentos 5 dias 8 °C e 7 dias 10 °C (99% e 97%, respectivamente). No entanto, as plântulas normais fortes foram inferiores nos tratamentos mais curtos, com uma diferença notável (42% e 51%) em relação ao tratamento mais longo (85%). Essa diferença pode ser atribuída às características genéticas do híbrido, que podem influenciar a velocidade de crescimento e a reativação de processos metabólicos após o estresse, como relatado por autores como Marcos Filho (2015).

Já o híbrido CD 321 e o híbrido CD 356 tiveram um desempenho da plântula mais consistente, com menos variação entre os tratamentos. O híbrido CD 321, por exemplo, demonstrou um bom desempenho mesmo nos tratamentos mais curtos (67% nos 3 dias 6 °C e 84% nos 5 dias 8 °C), sugerindo um arranque inicial mais rápido. Essa variabilidade genotípica é um fator-chave a ser considerado na interpretação dos resultados de testes de vigor, pois, como afirma AOSA (1983), características hereditárias podem mascarar as diferenças entre genótipos.

Vale ressaltar que a utilização das plântulas normais fortes, como critério de descarte pode levar à condenação desnecessária de lotes de sementes, já que o desenvolvimento inicial da plântula é significativamente reduzido nos tratamentos mais curtos e frios. Portanto, é crucial que, na aplicação prática, os técnicos se concentrem na avaliação do vigor (porcentagem de plântulas normais) para garantir que lotes de alta qualidade não sejam descartados injustamente.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados deste estudo demonstram que o teste de frio sem solo para sementes de milho pode ser otimizado, utilizando-se tempos de resfriamento menores e temperaturas mais baixas (3 dias a 6°C ou 5 dias a 8°C). Essa nova metodologia se mostrou eficiente para avaliar o vigor da semente, sem comprometer a confiabilidade dos resultados.

## **REFERÊNCIAS**

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983.

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

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5<sup>a</sup> ed. FUNEP. Jaboticabal, 2012.

CICERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Testes de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. MARCOS FILHO, J. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos.** safra 2024/2025. Brasília, DF, v. 112, n. 12. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR. A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.I.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

GARCIA, S.M., NEUMANN, V. S., SILVA, J. I. ZAMBIASE, C. A., e MORAES, D. M. **Teste de Frio para Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Milho.** In: XVII CIC – Congresso de Iniciação Científica e X Encontro de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

GRZYBOWSKI, C. R. DE S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 590 – 596, 2015.

JURACH, J. J. **Influência do Tamanho e Forma na Qualidade das Sementes de Milho Durante o Armazenamento.** 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon.

LOVATO, A.; NOLI, E.; LOVATO, A. F. S. The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. **Seed Science and Technology**, v. 33, n.1, p. 249 – 253, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 2<sup>a</sup>.ed. Londrina, PR. ABRATES, 2015.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: Importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. MARCOS FILHO, J. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 2020.

PERES, W. L. R. **Testes de Vigor em Sementes de Milho.** 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração em Produção e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. 2010.

PIMENTEL GOMES, F; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais, exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos.** Piracicaba: FEALQ, 2002.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes.** 2<sup>o</sup>ed. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985.

USDA - United States Department of Agriculture. Produção – Milho. 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>. Acessado em: 30 set. 2025.