

DESEMPENHO DE SEMENTES DE SOJA DURANTE O ARMAZENAMENTO: EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO

SOYBEAN SEED PERFORMANCE DURING STORAGE: EFFECT OF PHYSIOLOGICAL CONDITIONING

RENDIMIENTO DE SEMILLAS DE SOJA DURANTE EL ALMACENAMIENTO: EFECTO DEL ACONDICIONAMIENTO FISIOLÓGICO

Rafaela Martins de Araújo¹; Daynara Martins da Silva²; Leilaine Gomes da Rocha³; Isabella Caroline Fritz Branquinho^{4*}; Breno Barboza Gomes David⁵; Tathiana Elisa Masetto^{6*}

¹Graduanda em Agronomia -FCA (UFGD)., Mato Grosso do Sul, Brasil; ²Graduanda em Agronomia -FCA (UFGD)., Mato Grosso do Sul, Brasil; ³Mestre em Agronomia, UFGD. Doutoranda do programa de pós-graduação em Agronomia (UFGD), Dourados, MS, Brasil.; ⁴Mestre em Agronomia, UFGD. Doutoranda do programa de pós-graduação em Agronomia (UFGD), Dourados, MS, Brasil.; ⁵Graduando em Agronomia -FCA (UFGD)., Mato Grosso do Sul, Brasil;

⁶Professora do PPGAGRO/UFGD, Mato Grosso do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: isabellafriz69@gmail.com.

Recebido: 30/08/2025 | Aprovado: 25/09/2025 | Publicado: 11/10/2025

Resumo: A técnica de priming consiste na embebição controlada de sementes proporcionando a atenuação dos efeitos do envelhecimento e incrementos no desempenho fisiológico. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento fisiológico com giberelina (GA₃) no potencial fisiológico de sementes de soja durante o armazenamento. O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal da Grande Dourados em delineamento inteiramente casualizado. O priming com GA₃ foi avaliado em sementes de soja do genótipo BMX 64I61 IPRO em diferentes concentrações de GA₃: 0, 50, 100 e 150 ppm e em sub-parcelas de períodos de armazenamento: 0, 45, 90, 135 e 180 dias. Os tratamentos foram avaliados pelo teste de germinação (G), primeira contagem (PC), condutividade elétrica (CE), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas e emergência de plântulas a campo (EC). Os dados foram submetidos ao teste de Tukey (P<0,05). O priming com 50 e 100 ppm de GA₃ foi significativo para o desempenho de sementes recém-colhidas e armazenadas. O condicionamento das sementes proporcionou resultados mais elevados de G e EC, mesmo após o armazenamento. Em sementes tratadas com 50 ppm e armazenadas ou não, verificou-se crescimento de parte e de raiz mais elevado em relação ao controle. Entretanto, com 100 ppm de GA₃, as sementes armazenadas apresentaram crescimento de raiz semelhante ao de sementes recém-colhidas. Conclui-se que o hormoprimer com GA₃ é benéfico no desempenho fisiológico das sementes de soja, mesmo após o armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max*. Giberelina. Qualidade fisiológica. Vigor.

Abstract: The priming technique consists of the controlled imbibition of seeds, providing the attenuation of aging effects and increases in physiological performance. The objective of this study was to evaluate the effect of physiological conditioning with gibberellin (GA₃) on the physiological potential of soybean seeds during storage. The experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory of the Federal University of Grande Dourados in a completely randomized design. Priming with GA₃ was evaluated in soybean seeds of the genotype BMX 64I61 IPRO at different GA₃ concentrations: 0, 50, 100, and 150 ppm, and in sub-plots of storage periods: 0, 45, 90, 135, and 180 days. The treatments were evaluated by the germination test (G), first count (FC), electrical conductivity (EC), shoot length (SL) and root length (RL) of seedlings, and field seedling emergence (FE). The data were submitted to Tukey's test (P<0.05). Priming with 50 and 100 ppm of GA₃ was significant for the performance of freshly harvested and stored seeds. The conditioning of the seeds provided higher results for G and FE, even after storage. In seeds treated with 50 ppm, whether stored or not, higher shoot and root growth was observed compared to the control. However, with 100 ppm of GA₃, stored seeds showed root growth similar to that of freshly harvested seeds. It is concluded that hormoprimer with GA₃ is beneficial for the physiological performance of soybean seeds, even after storage.

Keywords: *Glycine max*. Gibberellin. Physiological quality. Vigor.

Resumen: La técnica de priming consiste en la imbibición controlada de semillas, proporcionando la atenuación de los efectos del envejecimiento e incrementos en el rendimiento fisiológico. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del acondicionamiento fisiológico con giberelina (GA₃) en el potencial fisiológico de semillas de soja durante el almacenamiento. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Semillas de la Universidad Federal de Grande Dourados en un diseño completamente aleatorizado. El priming con GA₃ se evaluó en semillas de soja del genotipo BMX 64I61 IPRO en diferentes concentraciones de GA₃: 0, 50, 100 y 150 ppm y en subparcelas de períodos de almacenamiento: 0, 45, 90, 135 y 180 días. Los tratamientos se evaluaron mediante la prueba de germinación (G), primer conteo (PC), conductividad eléctrica (CE), longitud de parte aérea (CPA) y raíz (CR) de plántulas y emergencia de plántulas en campo (EC). Los datos se sometieron a la prueba de Tukey (P<0,05). El priming con 50 y 100 ppm de GA₃ fue significativo para el rendimiento de semillas recién cosechadas y almacenadas. El acondicionamiento de las semillas proporcionó resultados más elevados de G y EC, incluso después del almacenamiento. En semillas tratadas con 50 ppm y almacenadas o no, se verificó un crecimiento de parte aérea y raíz más elevado en relación con el control. Sin embargo, con 100 ppm de GA₃, las semillas almacenadas presentaron un crecimiento de raíz similar al de las semillas recién cosechadas. Se concluye que el hormoprimering con GA₃ es beneficioso en el rendimiento fisiológico de las semillas de soja, incluso después del almacenamiento.

Palabras-clave: *Glycine max*. Giberelina. Calidad fisiológica. Vigor.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é a mais importante leguminosa cultivada atualmente no mundo. No Brasil, é a commodity de maior importância no cenário agrícola, principalmente em virtude do volume produzido e exportado. Para atender à crescente demanda, a produção de sementes com qualidade é crucial para o estabelecimento adequado da cultura e obtenção de rendimentos satisfatórios.

O setor de sementes no Brasil teve sua importância aumentada com o passar dos anos, principalmente pela visível evolução na seleção dos materiais utilizados para o cultivo e pelo reconhecimento por parte dos produtores sobre os benefícios do uso de sementes de alta qualidade. Para a soja, a semente se destaca por ser o insumo de maior significância no contexto de produtividade e, para que esta seja considerada de alta qualidade deve apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas (França Neto *et al.*, 2016).

Os quatro componentes básicos da qualidade das sementes apresentam importância equivalente, mas o potencial fisiológico tem recebido maior atenção da pesquisa, talvez porque o estabelecimento do estande constitui base sólida para a obtenção de alta produtividade e por constituir a primeira oportunidade para que o produtor avalie “in loco” o desempenho inicial das sementes (Marcos Filho, 2013). Sementes com alto potencial fisiológico são mais efetivas na mobilização de suas reservas energéticas (Forti *et al.*, 2018), permitindo germinação rápida e uniforme, de forma que produzem plantas de qualidade superior e uniformes em condições de campo (Marcos Filho, 2015).

A produção de sementes de soja com máximo potencial fisiológico é realizada no campo, mas os processos de colheita e pós-colheita podem contribuir para a redução do seu desempenho (Jesus *et al.*, 2021). Diversos trabalhos demonstraram que durante o armazenamento de sementes de soja por até 180 dias em condições sem controle de temperatura e de umidade relativa, a germinação e o vigor de sementes reduzem acentuadamente (Hartmann Filho, 2016; 2017; Masetto & Gonçalves, 2017; Abati *et al.*, 2020). Com o avanço do período de armazenamento, os sinais de deterioração das sementes aparecem, resultando na redução do

crescimento de plântulas, porcentagem de germinação, além de aumento do número de plântulas anormais, refletindo na redução do vigor (Nadarajan *et al.*, 2023).

O condicionamento fisiológico de sementes é um tratamento pré-germinativo de sementes que vem sendo aplicado para desencadear alguns processos chaves como os sistemas antioxidantes e mecanismos de reparo ao DNA, os quais mantêm a integridade do genoma e o vigor de sementes (Macovei *et al.*, 2017). Em soja, o condicionamento fisiológico de sementes com giberelina (GA_3 , 50 ppm) foi associado ao aumento da velocidade da germinação de sementes e do crescimento de plântulas (Manoharlal & Sarpresad, 2018). O pré-tratamento com giberelina (GA_3 , 150 ppm) atenuou os danos oxidativos determinados pela exposição das sementes de soja ao estresse salino com NaCl (Dinler & Gul, 2020).

Considerando a importância da qualidade da semente para a obtenção de elevados rendimentos da cultura da soja e que, durante o armazenamento, as sementes estão suscetíveis aos danos oxidativos (Kurek *et al.*, 2019), a hipótese deste trabalho é que o condicionamento fisiológico com giberelina influencia no desempenho de sementes de soja, sobretudo durante o armazenamento das sementes em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Foram utilizadas sementes de soja da cultivar BMX Potência RR, produzidas na safra 2022/2023 e uniformes quanto ao tamanho.

2.1 Condicionamento fisiológico das sementes com GA_3

As sementes de soja foram condicionadas em soluções de giberelina (GA_3) a 0, 50, 100 e 150 mg L⁻¹. As sementes foram distribuídas em uma única camada em bandejas de plástico com dimensões de 8,60 x 37,20 x 53,20 cm, entre 4 folhas de papel Germitest® umedecidas com as soluções de GA_3 na proporção 2,5 vezes a massa do papel seco, sendo duas folhas por baixo e duas por cima da camada de sementes.

As bandejas foram envoltas em sacos plásticos e mantidas em câmara do tipo B.O.D a 25 °C, por um período de 12 horas (adaptado de Sadeghi *et al.*, 2011). Em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente e secas até o teor de água de, aproximadamente, 13%, em estufa com circulação de ar a 30 °C.

2.2 Armazenamento de sementes submetidas ao condicionamento fisiológico

Com o intuito de verificar se o condicionamento fisiológico com soluções de giberelina influencia no desempenho fisiológico das sementes de soja durante o armazenamento, após o condicionamento, as sementes foram colocadas no interior de embalagem de saco de papel Kraft 30 x 12 x 6 cm com capacidade para 2 kg e foram armazenadas em condição de ambiente de laboratório, sem condições controladas. As sementes foram avaliadas no início (0) e após 45, 90, 135 e 180 dias de armazenamento, por meio dos seguintes testes e determinações:

Teor de água: determinado em estufa a 105 °C (± 3 °C) durante 24 horas, com quatro repetições, conforme a Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

Germinação: conduzido em rolo de papel Germitest® com 50 sementes umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel foram acondicionados em germinador com luz branca e temperatura constante de 25 °C. A avaliação foi realizada no quinto e oitavo dia após a instalação do teste, registrando-se o percentual de plântulas normais, anormais e sementes mortas (Brasil, 2009).

Teste de condutividade elétrica: conduzido com quatro repetições de 50 sementes, previamente pesadas, que foram imersas em 75 ml de água deionizada e mantidas a 25 °C por 24 horas. A leitura foi realizada com o auxílio de um condutivímetro de bancada, agitando-se cuidadosamente cada recipiente com o intuito de uniformizar os eletrólitos lixiviados na solução. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ segundo metodologia de Vieira e Krzyzanowski, 1999.

Emergência a campo: O teste de emergência de plântulas em campo foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, semeadas em sulcos de 2,00 m de comprimento, espaçamento de 0,50 m e profundidade aproximada de 0,03 m. A contagem das plântulas normais emergidas foi efetuada no décimo dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem (Nakagawa, 1999).

Índice de velocidade de emergência (IVE): Foi realizado conjuntamente ao teste de emergência de plântulas em campo, realizando contagens diárias do número de plantas emergidas. A fórmula e os critérios estabelecidos por Maguire (1962) foram aplicados no cálculo do IVE.

Comprimento de plântulas: em 4 repetições com 10 sementes para cada tratamento, as sementes foram dispostas em uma linha no terço superior do papel no sentido longitudinal. Posteriormente, os papéis foram umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco e foram confeccionados rolos. As amostras permaneceram na posição vertical nas câmaras de germinação do tipo B.O.D. por cinco dias sob temperatura constante de 25 °C. Após esse período, a medida da parte aérea e de raiz das plântulas normais foi determinada com auxílio de régua milimetrada. Os resultados foram expressos em centímetros.

Massa fresca e seca de plântulas: com o auxílio de um estilete, a parte aérea e a raiz primária de todas as plântulas normais provenientes da avaliação de comprimento de plântulas foram seccionadas, separadas e colocadas em sacos de papel previamente identificados; os cotilédones foram descartados. Em balança analítica, as massas frescas de partes das plântulas foram determinadas em gramas.

Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 80 °C por 24 horas, conforme metodologia de Nakagawa (1999). Após o resfriamento, em dessecador, a massa seca de parte aérea de raiz foi determinada em balança. Os resultados obtidos foram expressos em gramas por plântula.

2.3 Procedimento estatístico

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo. As parcelas consistiram de soluções de giberelina (0, 50, 100 e 150 mg L⁻¹) e as subparcelas referentes aos períodos de armazenamento (0, 45, 90, 135 e 180 dias). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, utilizando-se o Software Sisvar® (Ferreira, 2019) e,

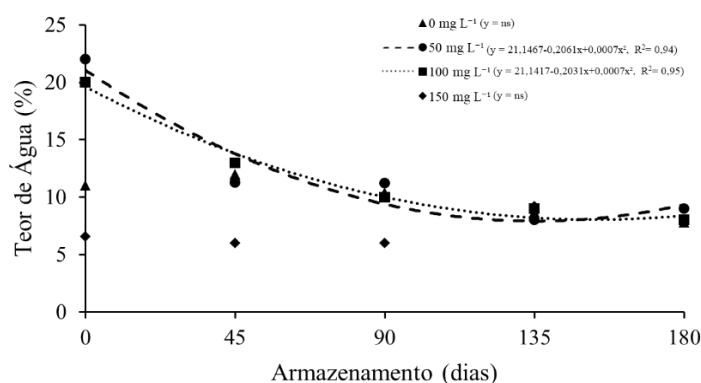
quando significativos, analisados por meio de análise de regressão a 5% de probabilidade. Os modelos matemáticos foram analisados por meio do coeficiente de determinação (R^2), levando-se em consideração o fenômeno biológico envolvido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre doses de GA_3 e os períodos de armazenamento foi significativa para a germinação e vigor de sementes de soja ($P < 0,05$).

O teor de água das sementes submetidas ao condicionamento fisiológico com doses de giberelina diminuiu gradualmente com o armazenamento por até 180 dias. Esse declínio foi mais acentuado nos primeiros dias e houve tendência à estabilidade após 90 dias de armazenamento (Figura 1). A redução do teor de água pode estar associada à permeabilidade da embalagem de saco de papel utilizada no armazenamento das sementes, uma vez que esta permite a troca de vapor d'água com a câmara fria. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a influência da temperatura e da umidade relativa sobre o teor de água das sementes ocorre devido à sua natureza higroscópica. Para as sementes sem e com tratamento de 150 mg L^{-1} de GA_3 , não houve ajuste de regressão para o teor de água ao longo do armazenamento (Figura 1). As sementes tratadas com 50 mg L^{-1} e 100 mg L^{-1} de GA_3 apresentaram teor de água mínimo (8%) aos 129 e 127 dias, respectivamente. Após esse período, observou-se tendência à estabilização do teor de água (Figura 1).

Figura 1 - Teor de água de sementes de soja submetidas ao condicionamento fisiológico com doses de giberelina (GA_3) e armazenadas por até 180 dias.



Fonte: Autores, 2025.

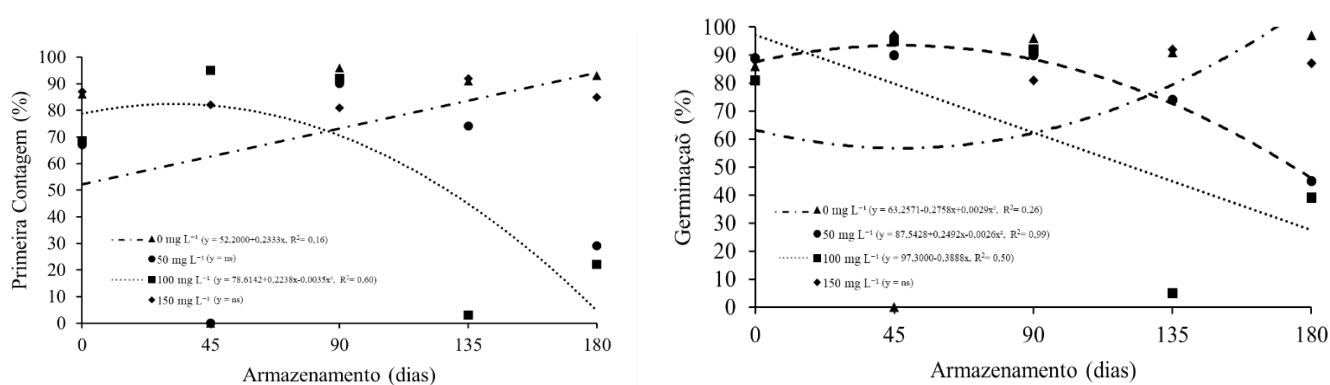
As sementes sem tratamento apresentaram incrementos na primeira contagem de germinação durante o armazenamento (Figura 2A). As sementes tratadas com a dose de 100 mg L^{-1} de GA_3 apresentaram resultado máximo de 82% de germinação na primeira contagem com 32 dias de armazenamento, seguido de redução (Figura 2A). O GA_3 quando em baixas concentrações tem a capacidade de ativar a produção das enzimas xiloglucana endotransglicosilase, que promove o afrouxamento da parede celular, e por consequência o crescimento do tecido; contudo esse crescimento é inibido quando o GA_3 se encontra em concentrações mais

elevadas (Taiz & Zeiger, 2013). Para as sementes condicionadas com as doses de 50 e 150 mg L⁻¹ de GA₃ não houve ajuste de regressão (Figura 2A).

Para a germinação das sementes, na ausência dos tratamentos com GA₃, observou-se resultado mínimo de 57% de germinação com 48 dias de armazenamento (Figura 2B). Por outro lado, com a dose de 50 mg L⁻¹ verificou-se resultado máximo de 94% de germinação aos 45 dias de armazenamento. As sementes tratadas com 100 mg L⁻¹ de GA₃ apresentaram redução linear da germinação ao longo do armazenamento (Figura 2B). Esses resultados indicam que o condicionamento fisiológico das sementes com esta dose não atenua os efeitos deletérios causados pelo armazenamento das sementes.

Vale destacar que, inicialmente, as sementes sem tratamento apresentaram germinação de 63% e as sementes tratadas com as doses de GA₃ apresentaram germinação acima de 87% (Figura 2B). Resultados semelhantes foram observados nos atributos de germinação de sementes de *Crotalaria ochroleuca* submetidas ao condicionamento hormonal com GA₃. As melhorias foram atribuídas ao perfil do metabolismo enzimático, como a enzima catalase, chave para o reparo das sementes contra os danos induzidos pelo envelhecimento por ERO's durante o tratamento de priming (Silva *et al.*, 2024).

Figura 2 - Efeito do condicionamento fisiológico de sementes de soja com doses de giberelina (GA₃) submetidas ao armazenamento. A – Primeira Contagem de Germinação (%); B – Germinação (%).



Fonte: Autores, 2025.

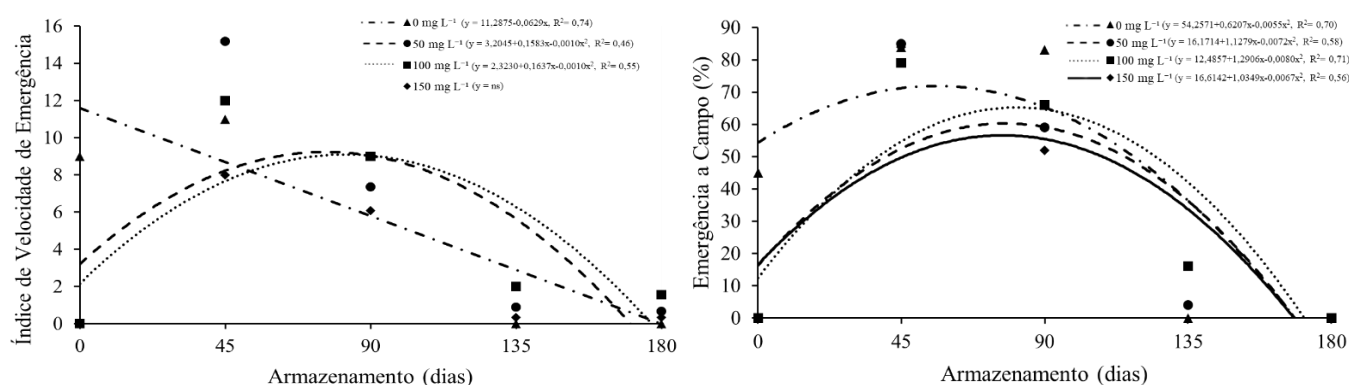
As sementes não tratadas com giberelina apresentaram, inicialmente, índice de velocidade de emergência (IVE) de 11 que reduziu acentuadamente até tornar-se nulo aos 180 dias de armazenamento (Figura 3A). Com o condicionamento das sementes nas doses de 50 e 100 mg L⁻¹, observou-se resultados máximos de IVE de 9,5 e 9, respectivamente, com 90 dias de armazenamento seguido de decréscimo (Figura 3A).

Para o controle e as sementes tratadas com doses de GA₃, os resultados de emergência a campo apresentaram comportamento de acordo com o modelo de equação quadrática (Figura 3B). Sem o condicionamento fisiológico, o resultado máximo foi de 72% de emergência com 56 dias de armazenamento (Figura 3B). Com as doses de 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹ e 150 mg L⁻¹ os resultados máximos foram de, respectivamente 65%, 60% e 56% aos 78, 80 e 77 dias de armazenamento (Figura 3B). Esses resultados indicam

que, durante o armazenamento de sementes ocorre prejuízo à capacidade de formação de plântulas sob condições ambientais, sobretudo a partir de 90 dias de armazenamento.

A qualidade inicial das sementes em condições adversas de armazenamento como temperaturas flutuantes e umidade relativa não controlada, aceleram a taxa de deterioração das sementes, portanto, a viabilidade, vigor e longevidade das sementes são altamente impactados ou reduzidos (Govender *et al.* 2008; Ali *et al.* 2017).

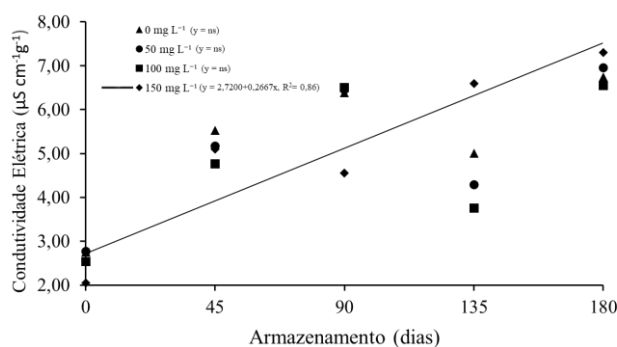
Figura 3 - Efeito do condicionamento fisiológico com ácido giberélico (GA_3) em sementes de soja, durante 180 dias de armazenamento. A – Índice de Velocidade de Emergência; B – Emergência a campo (%).



Fonte: Autores, 2025.

A perda de atributos fisiológicos das sementes durante o armazenamento foi evidenciada pelos resultados de condutividade elétrica de sementes. Embora sem efeito significativo das doses de 0, 50 e 100 mg L^{-1} , com o aumento do período de armazenamento verificou-se acréscimo dos resultados de condutividade elétrica das sementes (Figura 4). Vale destacar que o maior conteúdo de eletrólitos na solução de condutividade está relacionado à perda da integridade da membrana celular.

Figura 4 - Condutividade elétrica de sementes de soja submetidas ao condicionamento fisiológico com doses de giberelina (GA_3) e armazenadas por até 180 dias.

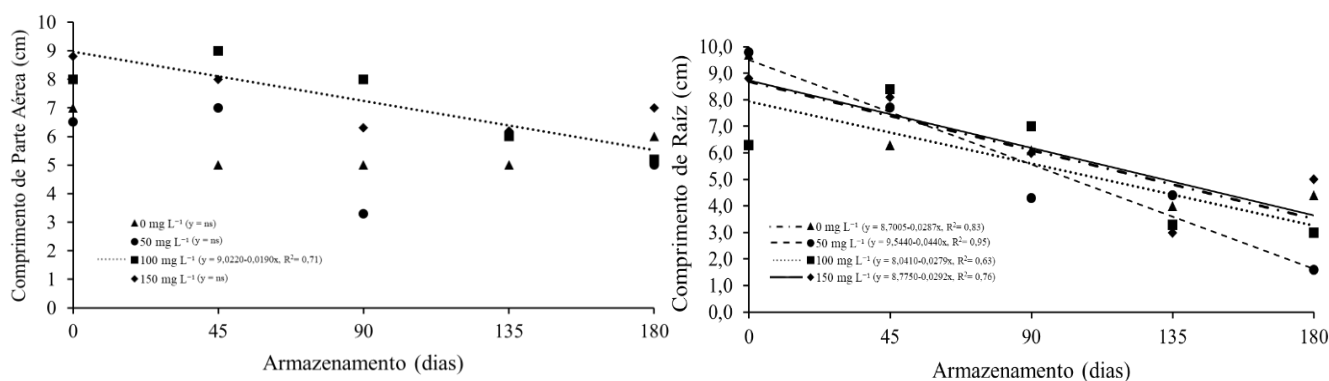


Fonte: Autores, 2025.

Para as sementes controle e as tratadas com doses de 50 e 150 mg L⁻¹ de GA₃, não houve ajustes de regressão para o comprimento de parte aérea de plântulas ao longo do armazenamento de sementes (Figura 5A). As sementes tratadas com a dose de 100 mg L⁻¹ de GA₃ apresentaram, inicialmente, comprimento de parte aérea (CPA) de 9 que reduziu acentuadamente até 5,2 aos 180 dias de armazenamento (Figura 5A). Com a dose de 100 mg L⁻¹ observou-se que os resultados de crescimento de parte aérea foram mais elevados em relação as demais doses (Figura 5A) e caracterizou-se por ser o tratamento que melhor conservou os atributos de vigor das sementes até os 180 dias.

A interação entre doses de GA₃ e os períodos de armazenamento também foi significativa ($P < 0,05$) para o comprimento de raiz, com ajuste de equações lineares (Figura 5B). As sementes tratadas ou não com doses de GA₃ apresentaram redução gradativa do crescimento de raiz ao longo do armazenamento. Sem o condicionamento fisiológico, o resultado máximo de comprimento de raiz foi de 9 cm no início do armazenamento e, ao final de 180 dias, o resultado foi de 4,4 cm (Figura 5B). As sementes recém-colhidas e tratadas com as doses de 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹ e 150 mg L⁻¹ de GA₃ apresentaram resultados máximos de, respectivamente, 9, 8 e 9 cm. Com o armazenamento, o comprimento de raiz reduziu e ao final do período de armazenamento, os resultados foram de 2, 3 e 5 cm (Figura 5B). O balanço ideal para o crescimento dos diferentes órgãos vegetais é variável, podendo uma determinada concentração endógena de GA₃ favorecer o crescimento de um órgão e inibir o crescimento de outro (Taiz & Zeiger, 2013).

Figura 5 - Efeito do condicionamento fisiológico com ácido giberélico (GA₃) no condicionamento fisiológico de sementes de soja submetidas ao armazenamento. A – Comprimento de Parte Aérea (CPA); B – Comprimento de Raiz (CR).

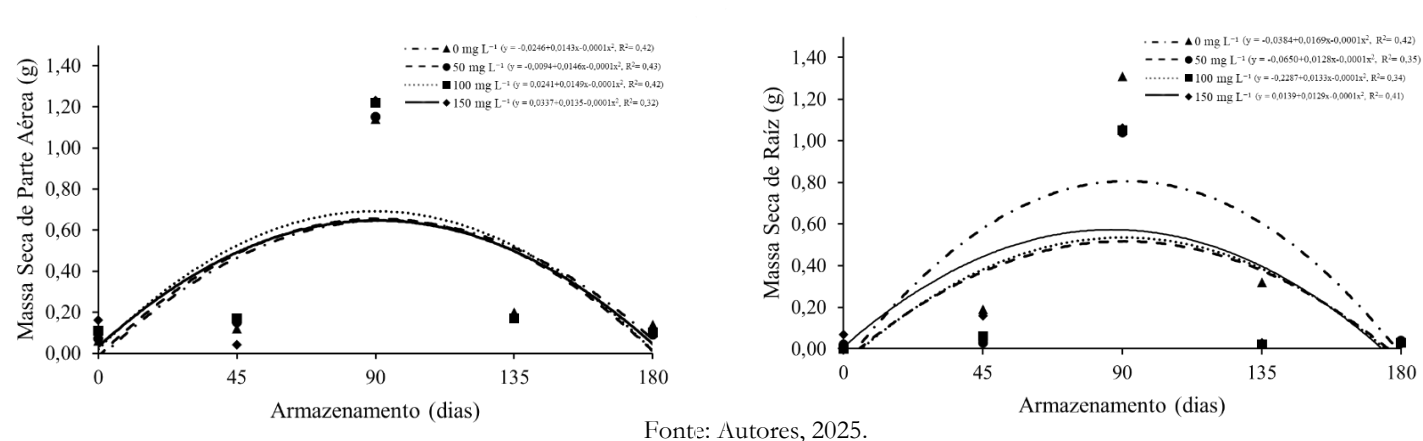


Fonte: Autores, 2025.

Para a massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas, os resultados máximos foram observados aos 90 dias de armazenamento, por meio de modelos de equações quadráticas (Figura 6). Após esse período, ocorreu a redução da massa seca de plântulas provenientes de sementes sem e com tratamento de GA₃ (Figuras 6A e 6B). Para massa seca de parte aérea, o controle e a dose de 150 mg L⁻¹ de GA₃, proporcionaram resultado máximo de 0,5 g aos 71 e aos 68 dias de armazenamento, respectivamente (Figura 6A). Com as doses de 50 e 100 mg L⁻¹ de GA₃, os resultados máximos foram de 0,52 g e 0,58 g aos 73 e 74 dias de armazenamento, respectivamente (Figura 6A). Para a massa seca de raiz, o resultado máximo do controle foi de 0,68 g aos 85 dias de armazenamento (Figura 6B).

Os resultados máximos observados com as doses de 50, 100 e 150 mg L⁻¹ de GA₃, foram de 0,34 g, 0,21 g e 0,43 g aos 64, 67 e 65 dias de armazenamento, respectivamente (Figura 6B). Esses resultados indicam que sem o tratamento com GA₃ as sementes apresentaram o maior resultado para massa seca de raiz. Resultados similares foram encontrados em sementes de pimentão, mesmo sem a aplicação de GA₃ no condicionamento (Albuquerque *et al.* 2009). A concentração de hormônios existentes nas sementes, como a citocinina e giberelina, bem como o adequado equilíbrio entre eles, interferem positivamente ou não no acúmulo de massa seca de plântulas, uma vez que os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (Taiz; Zeiger, 2013; Elli *et al.* 2016).

Figura 6 - Efeito do condicionamento fisiológico com ácido giberélico (GA₃) em sementes de soja, durante 180 dias de armazenamento. A – Massa Seca de Parte Aérea; B – Massa seca de Raiz (CR).



No presente estudo, o condicionamento fisiológico com GA₃ proporcionou incrementos na germinação, emergência a campo e velocidade de formação de plântulas em sementes armazenadas por até, aproximadamente, 90 dias de armazenamento. Após esse período, ocorre prejuízos à germinação e o vigor das sementes tratadas ou não com GA₃.

4 CONCLUSÃO

O condicionamento fisiológico com doses de giberelina de 50 mg L⁻¹ e 100 mg L⁻¹ é benéfico na germinação, velocidade de emergência, crescimento de parte aérea e de raiz e massa seca de parte aérea e de raiz de sementes de soja. Os benefícios são mantidos por até 90 dias de armazenamento em câmara fria e seca.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal da Grande Dourados, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, ao Grupo de Pesquisa em Sementes (GSem-UFGD) e a CNPq pela concessão da bolsa e apoio para desenvolvimento da pesquisa.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

Contribuições dos autores

Os autores contribuíram para a execução, desenvolvimento, correção e formatação do presente artigo científico.

REFERÊNCIAS

- Abati, J.; Brzezinski, C. R.; Henning, F. A.; Zucareli, C. (2020). Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. *Journal of Seed Science*, 42, e202042002.
- Albuquerque, K. S.; Guimarães, R. M.; Gomes, L. A. A.; Vieira, A. R.; Jácome, M. F. (2009). Condicionamento osmótico e giberelina na qualidade fisiológica de sementes de pimentão colhidas em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira De Sementes*, 31(4), 100–109.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 399 p. 2009.
- Dinler, B. S.; Gul, V. (2020). Comparative analysis of defence response of soybean by seed soaking in gibberellic acid to salinity. *Legume Research-An International Journal*, 43(3), 365-369.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. (2019). *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535.
- Forti, V. A.; Carvalho, C.; Sliwinski, E.; Cicero, S. M. (2018). Flow cytometry as a tool for analyses of soya bean seed vigour. *Seed Science and Technology*, 46(2), 217-224.
- França-Neto, J. D. B.; Krzyzanowski, F.; Henning, A.; Pádua, G. D.; Henning, I. (2016) *Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade*. Embrapa Soja, Londrina. Documentos/Embrapa Soja, n. 380, p. 82.
- Govender, V., Aveling, T. E. Kritzinger, Q. (2008). O efeito dos métodos tradicionais de armazenamento na germinação e vigor do milho (*Zea mays* L.) do norte de KwaZulu-Natal e sul de Moçambique. *Jornal SulAfricano de Botânica*, 74, 190–196.
- Hartmann Filho, C. P. H.; Goneli, A. L. D.; Masetto, T. E.; Martins, E. A. S.; Oba, G. C. (2017). Physiological potential of soybean seeds after maturation and submitted to artificial drying. *Journal of Seed Science*, 39(4), 361-371.
- Hartmann Filho, C. P.; Goneli, A. L. D.; Masetto, T. E.; Martins, E. A. S.; Oba, G. C.; Siqueira, V. C. (2016) Quality of second season soybean submitted to drying and storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46, 267-275.
- Jesus, M. A. D.; Reis, V. M. A.; Sampaio, F. R.; Posse, F. L.; Barbosa, R. M. (2021). Quality control charts in the processing of soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 43.
- Kurek, K.; Plitta-Michalak, B.; Ratajczak, E. (2019). Reactive Oxygen Species as Potential Drivers of the Seed Aging Process. *Plants*, 8(6), 174.
- Levitt, J. (1974). Introduction to plant physiology. 2.ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company. 447p.
- Macovei, A.; Pagano, A.; Leonetti, P.; Carbonera, D.; Balestrazzi, A.; Araújo, S. S. (2017). Systems biology and genome-wide approaches to unveil the molecular players involved in the pre-germinative metabolism: implications on seed technology traits. *Plant Cell Reports*, 36(5), 669-688.

- Maguire, J. D. (1962). Seed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
- Manoharlal, R.; Saiprasad, G. V. S. (2018). Soybean seed hormo-priming response to gibberellin and ethephon in combination with the antioxidant N-acetyl-L-cysteine. *Seed Technology*, 35-52.
- Marcos Filho, J. (2013). Importância do potencial fisiológico da semente de soja. *Informativo Abrates*, 23(1), 21-24.
- Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. 535 p.
- Masetto, T. E.; Gonçalves, P. H. B. (2017). Efeito do armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em sistema agroecológico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 12(3).
- Nadarajan, J.; Walters, C.; Pritchard, H. W.; Ballesteros, D.; Colville, L. (2023). Seed Longevity—The Evolution of Knowledge and a Conceptual Framework. *Plants*, 12(3), 471.
- Nakagawa, J. (1999). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 1, p. 1-24.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. (2012). *Sementes: Ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 590p.
- Rosseto, C.A.V.; Coneglian, R.C.C.; Nakagawa, J.; Shimizu, M.K.; Marin, V.A. (2000). Germinação de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryand) em função de tratamento pré-germinativo. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 247-252.
- Sadeghi, H.; Khazaei, F.; Yari, L.; Sheidaei, S. (2011). Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(1), 39-46.
- Silva, B. N. P.; Masetto, T. E.; Rocha, L. G. (2024). An insight into seed priming response of *Crotalaria ochroleuca* and *Crotalaria spectabilis* during storage. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e279806.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 918 p.
- Vieira, R. D.; Krzyzanowski, F. C. (1999). Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França-Neto, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, cap.4, p. 1-26.