



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUCUÍ
CURSO ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

JORGE LUIS SOUSA MOTA

**EFEITOS DA PERMANÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM SOLO SECO SOBRE O
VIGOR E A VIABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA**

**URUCUÍ
2025**

JORGE LUIS SOUSA MOTA

EFEITOS DA PERMANÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM SOLO SECO SOBRE O
VIGOR E A VIABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Wallace de Sousa Leite.

URUÇUÍ

2025

EFETOS DA PERMANÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM SOLO SECO SOBRE O VIGOR E A VIABILIDADE SOB CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

Jorge Luis Sousa Mota¹
Wallace de Sousa Leite²

RESUMO

A semeadura antecipada da cultura da Soja (*Glycine max* L.) em condições de baixa umidade do solo, conhecida como “semeadura no pó”, tem se tornado uma prática comum nas regiões do Cerrado, especialmente no sul do Piauí, onde a irregularidade pluviométrica impõe desafios ao estabelecimento inicial da cultura. Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos da permanência de sementes de soja em solo seco, sob condições de déficit hídrico, sobre variáveis associadas ao vigor e à viabilidade, visando compreender os limites fisiológicos da prática de “semeadura no pó” no sul do Piauí. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com seis períodos de exposição das sementes ao solo seco (0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas). Foram avaliadas variáveis relacionadas ao vigor e à viabilidade, incluindo teor de água, condutividade elétrica, germinação, primeira contagem, emergência em campo, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas. Os resultados demonstraram comportamento bifásico: a exposição por 24 horas promoveu melhoria significativa no vigor, evidenciada pelo aumento da emergência em campo e do índice de velocidade de emergência, caracterizando um efeito de condicionamento fisiológico (priming). Entretanto, exposições superiores a 48 horas resultaram em deterioração progressiva do vigor, associada ao acúmulo de danos às membranas celulares e ao consumo excessivo de reservas, sobretudo diante das elevadas temperaturas do solo, que atingiram até 47 °C. Apesar da redução expressiva do vigor, a germinação final manteve-se elevada, indicando preservação da viabilidade.

Palavras-chave: *Glycine max* L.; germinação; déficit hídrico; estresse térmico.

ABSTRACT

Early sowing of the Soybean (*Glycine max* L.) crop under low soil moisture conditions, known as "dust planting", has become a common practice in the Cerrado regions, especially in southern Piauí, Brazil, where rainfall irregularity poses challenges to the initial crop establishment. This study aimed to investigate the effects of soybean seed permanence in dry soil, under water deficit conditions, on variables associated with vigor and viability, with the goal of understanding the physiological limits of the "dust planting" practice in southern Piauí. The experiment was conducted in a randomized block design with six periods of seed exposure to dry soil (0, 24, 48, 72, 96, and 120 hours). Variables related to vigor and viability were evaluated, including water content, electrical conductivity, germination, first count, field emergence, emergence speed index, and seedling dry mass. The results demonstrated a biphasic behavior: a 24-hour exposure promoted a significant improvement in vigor, evidenced by an increase in field emergence and emergence speed index, characterizing a physiological conditioning effect (priming). However, exposures exceeding 48 hours resulted in progressive deterioration of vigor, associated with the accumulation of damage to cell membranes and excessive consumption of reserves, particularly due to high soil temperatures, which reached up to 47 °C. Despite the significant reduction in vigor, final germination remained high, indicating preservation of viability.

Keywords: *Glycine max* L.; germination; water deficit; thermal stress.

¹Graduando em Engenharia Agrônômica. Instituto Federal do Piauí – Campus Uruçuí, E-mail: jorgeluismotasm@gmail.com

² Docente, Dr. Instituto Federal do Piauí – Campus Uruçuí, E-mail: wallace.leite@ifpi.edu.br

Data de aprovação: 10/12/2025

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, destacando-se por seu alto valor econômico, nutricional e estratégico para a produção de alimentos, ração animal e biocombustíveis (EMBRAPA, 2023). No contexto brasileiro, a soja ocupa papel de destaque como a principal cultura agrícola em área plantada e volume de produção, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial (CONAB, 2024).

A cultura da soja apresenta contínua expansão no cenário agrícola brasileiro, consolidando-se como a principal commodity do país em termos de área cultivada, produção e valor econômico. De acordo com o 9º Levantamento da Safra de Grãos 2024/2025, divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área cultivada no país atingiu, aproximadamente, 47,61 milhões de hectares. A produção nacional de soja está estimada em 168,34 milhões de toneladas, o que corresponde a um incremento de cerca de 12% em comparação ao ciclo 2023/2024. A produtividade média projetada é de 3.536 kg ha⁻¹, valor superior ao obtido na safra anterior de 3.025 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024).

A expansão da cultura no território nacional está diretamente vinculada ao avanço da mecanização agrícola, ao manejo químico, biológico e edáfico, à incorporação de práticas sustentáveis e à adoção de cultivares geneticamente melhoradas. Entre esses fatores, o melhoramento genético destaca-se como o principal impulsionador do sucesso da soja no Cerrado (EMBRAPA, 2023). A adaptação de variedades de soja a distintos fotoperíodos, amplitudes térmicas e regimes hídricos foi fundamental para a consolidação e expansão bem-sucedida da cultura em ambientes tropicais, notavelmente nas vastas áreas do bioma Cerrado. (Assis, 2021). A integração desses avanços permitiu a ocupação agrícola de regiões anteriormente consideradas marginais à produção, viabilizando a expansão da sojicultura no Cerrado brasileiro (EMBRAPA, 2021).

Dentro do panorama agropecuário nacional, o Cerrado piauiense tem consolidado sua relevância na sojicultura, com o surgimento de importantes polos de produção dessa commodity em municípios como Uruçuí, Bom Jesus, Baixa Grande do Ribeiro e Santa Filomena (IBGE, 2024). A convergência entre o melhoramento genético, o manejo edáfico-químico-biológico eficiente e a mecanização de precisão tem impulsionado a fronteira agrícola em regiões estratégicas, como o Cerrado piauiense. A disponibilidade de áreas com aptidão agrícola, somada ao aporte tecnológico, tem sustentado o crescimento contínuo da área plantada e da produção de grãos no estado, consolidando a região do Matopiba como um importante polo do agronegócio nacional (Freitas, 2025). Como reflexo dessa modernização no campo, o Brasil reafirma sua

posição de liderança global, projetando safra após safra incrementos significativos na produtividade média e no volume total produzido, essenciais para atender à demanda mundial por alimentos e energia (Conab, 2024). A eficiência dessas práticas de manejo conservacionista é corroborada por análises recentes que indicam a necessidade de adaptação dos sistemas de produção para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças nos padrões meteorológicos globais e regionais (Sales, 2024). Com isso o avanço da agricultura no sul do Piauí deve-se à disponibilidade de solos mecanizáveis, topografia favorável e crescente infraestrutura logística, fatores que possibilitam alta produtividade e competitividade (Freitas, 2025).

Contudo, apesar da boa disponibilidade de chuvas durante o período chuvoso, o Cerrado piauiense apresenta irregularidades na distribuição pluviométrica, com alta variabilidade interanual e espacial (Morais, 2021). Segundo Santos et al. (2021), essas variações ocorrem devido à influência de sistemas atmosféricos tropicais e intertropicais, o que resulta em períodos de veranicos prolongados e irregularidade na ocorrência das chuvas. Tais fatores comprometem o estabelecimento inicial da cultura e o rendimento final da safra, o que torna o manejo hídrico e o planejamento do calendário agrícola aspectos essenciais para o sucesso produtivo.

Ademais, para produtores que buscam implementar uma segunda safra (safrinha) logo após a colheita da soja, geralmente com milho ou sorgo, o planejamento da semeadura torna-se ainda mais restrito. O atraso na semeadura da soja compromete o calendário agrícola subsequente e reduz o potencial produtivo da segunda cultura (CONAB, 2024). A janela ideal de plantio é estreita e, quando a semeadura é realizada tardiamente, a fase reprodutiva da cultura tende a coincidir com o início da estiagem (veranico). A estiagem ocorre no final da estação chuvosa, geralmente entre março e abril, o que pode comprometer significativamente o rendimento da lavoura (Morais, 2021). Diante desse cenário, é comum que os produtores realizem a “semeadura no pó”, isto é, o plantio realizado antes do início efetivo das chuvas, a fim de aproveitar ao máximo o ciclo produtivo e garantir a viabilidade da segunda safra (Sobrinho, 2020).

Uma ferramenta importante é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que calcula e estabelece os períodos de semeadura que oferecem a menor probabilidade de perdas na produtividade devido a eventos climáticos adversos, como o déficit hídrico (MAPA, 2024). Ao recomendar datas específicas, o ZARC assegura que as fases fenológicas mais sensíveis da soja, como emergência, florescimento e enchimento de grãos, ocorram sob condições de umidade mais favoráveis, utilizando de forma eficiente a distribuição temporal das chuvas (EMBRAPA, 2023).

Diante do exposto, torna-se essencial investigar os efeitos fisiológicos que as sementes de soja sofrem ao permanecerem no solo em condições de baixa umidade antes da estabilização das chuvas. A literatura aponta que a 'semeadura no pó' expõe as sementes a ciclos de hidratação e desidratação, o que pode comprometer seu vigor, causar danos ao sistema de membranas, propiciar o ataque de fungos e levar à morte de plântulas (Sobrinho, 2020). Além disso, a emergência

desuniforme resultante dessa prática pode levar a um baixo estande final de plantas, impactando diretamente o potencial produtivo da cultura (Sales, 2024).

Portanto, este estudo teve como objetivo investigar os efeitos da permanência de sementes de soja em solo seco, sob condições de déficit hídrico e estresse térmico, sobre variáveis associadas ao vigor e à viabilidade, visando compreender os limites fisiológicos da prática de “semeadura no pó” no sul do Piauí

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

O estudo foi realizado no mês de novembro 2023, na Fazenda Escola (FAZESC) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), localizada no município de Uruçuí – PI (7°16'32,7"S e 44°30'21,2"O, altitude de 378 metros acima do nível do mar). Segundo a classificação de Köppen, a região enquadra-se no tipo Aw, caracterizado por clima tropical com inverno seco. A temperaturas média anual é em torno de 26,5 °C, e a pluviosidade média de 1069 mm por ano (Climate-data, 2025).

2.2 Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro blocos. Os cinco tratamentos foram definidos de acordo com o tempo de permanência no solo. (120, 96, 72, 48, 24 e 0 horas). Cada parcela experimental foi composta por 4 linhas de 5 m, e espaçamento de 0,5 m entre linhas, totalizando 10 m² de área útil.

A semeadura ocorreu entre os dias 14 e 19 do mês de novembro de 2023, sendo cada tratamento implantado em uma data (120, 96, 72, 48, 24 e 0 horas, respectivamente). Foram distribuídas 100 sementes em cada linha, utilizando-se o cultivar de soja LG 60184IPRO. No dia 19 de novembro, foi realizado a coleta das sementes no campo para avaliação das variáveis fisiológicas. Logo em seguida foi realizada a irrigação das parcelas visando a emergência em campo.

Durante o período de condução do ensaio, foram coletados dados referentes a temperatura do solo, umidade do solo, temperatura do ar e umidade relativa do ar, utilizando o termo-higrômetro portátil (modelo AK632, AKSO). Para aferição da umidade do solo, foram coletadas amostras de solos e levadas a laboratório. O horário de coleta foram às 13:00 h, entre os dias 14 a 28 de novembro de 2023. Os dados estão descritos nas Figura 1 e Figura 2.

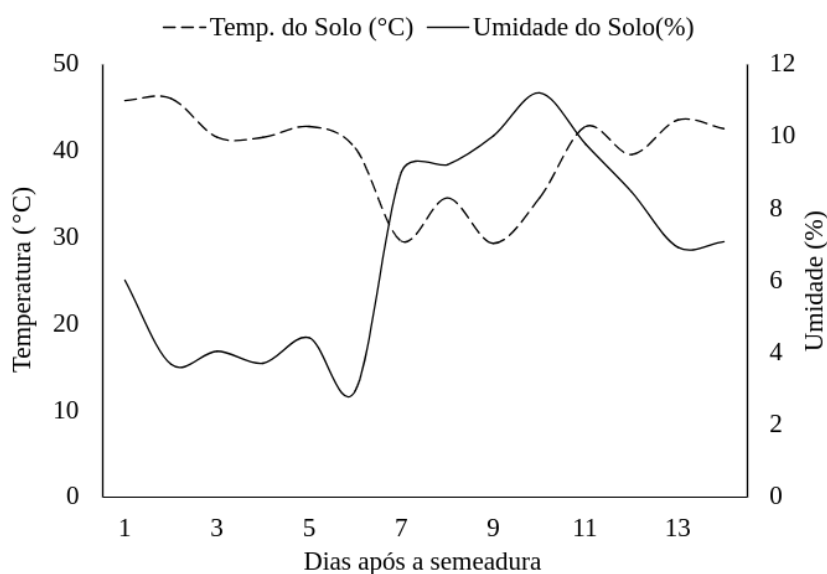


Figura 1. Dados de Temperatura e umidade do solo coletados durante a condução do experimento, de 14 a 28 de novembro de 2023.

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

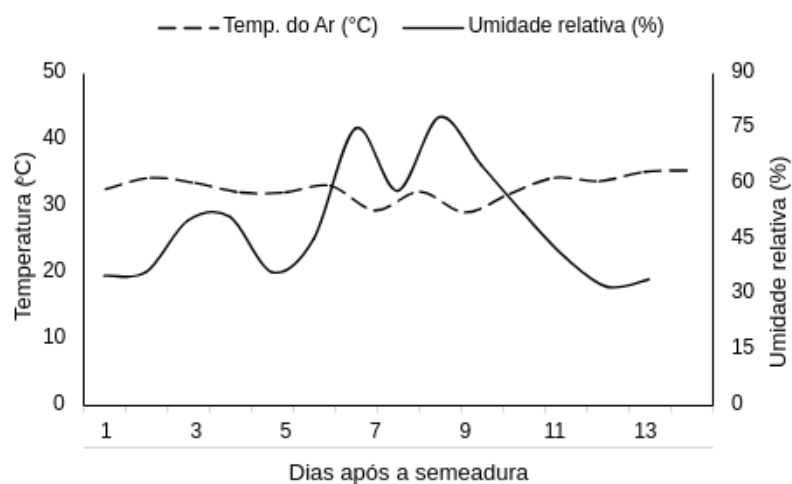


Figura 2. Dados da temperatura e umidade relativa do Ar coletados durante a condução do experimento, de 14 a 28 de novembro de 2023.

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

2.3 Variáveis

As variáveis foram selecionadas para proporcionar uma análise detalhada dos efeitos dos tratamentos nas fases iniciais da cultura, tanto em condições de campo, quanto em condições de laboratório. As variáveis selecionadas foram: Teor de Água, Germinação em Areia, Condutividade Elétrica, Emergência em campo, Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Massa Seca de Plântulas.

Para determinar o teor de água, as sementes coletadas a campo foram avaliadas através do método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas, utilizando duas subamostras contendo 50 sementes, para cada tratamento (Brasil, 2025).

O teste de germinação em areia foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em vasos (40x14x14 cm) e mantidas em temperatura

ambiente. A quantidade de água determinada para cada vaso, foi de 987 ml, sendo aplicada em dois dias (1º dia 550ml; 2º dia 437 ml). A primeira contagem de germinação ocorreu no quinto dia e a contagem final no oitavo dia (Brasil, 2025).

No teste de condutividade elétrica foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes previamente pesadas, para cada tratamento. As sementes foram imersas em 75 mL de água destilada, e mantidas por 24 h a 25 °C. A leitura foi realizada em condutivímetro (modelo Tecnopon mCA-150). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (Dutra; Vieira, 2006).

Para emergência em campo, foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes, com a profundidade 3,0 cm, e dispostas em fileiras de 5 metros de comprimento e 0,50 m entre linhas. A avaliação ocorreu diariamente até a estabilização do número de plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem de emergência (Brasil, 2025). O Índice de velocidade de Emergência (IVE) foi determinado por meio da contagem diária do número de plântulas emergidas até o oitavo dia após a semeadura. O cálculo do IVE foi realizado conforme a metodologia descrita por Maguire (1962).

Após o desenvolvimento de plantas em campo, as plântulas foram cortadas no colo. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, até apresentarem peso constante. Os resultados foram apresentados em g plântula^{-1} .

2.4 Análise estatística

Os dados médios obtidos para as variáveis em função dos períodos de permanência no solo (0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas) foram submetidos à análise de regressão. Foram ajustados os modelos de regressão linear e quadrático. A seleção do modelo mais adequado para cada variável foi baseada na significância estatística do modelo (pelo teste F), na significância dos coeficientes da equação (pelo teste t) e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2). O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Os gráficos de regressão foram feitos no software Excel 2019. Para a análise dos dados foi utilizado o *software* SISVAR (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais durante o experimento foram caracterizadas por baixa umidade do solo (variando de 3% a 11%) e alta temperatura, com picos de temperatura do solo atingindo 47°C (Figura 1), fatores cruciais na interpretação dos dados de vigor.

O Teor de Água das Sementes antes da irrigação variou de 10,6% (0 horas) até 30,2% (120 horas). O aumento foi progressivo ao longo do tempo de permanência no solo, demonstrando que houve absorção lenta de umidade do solo, apesar da restrição hídrica.

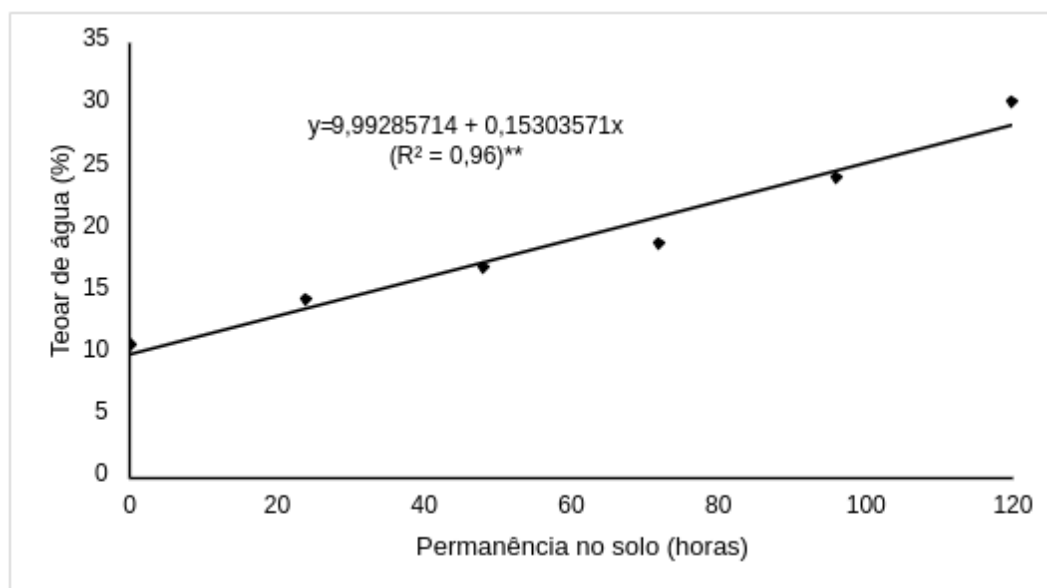


Figura 3. variação progressiva do Teor de Água (TA) das sementes de soja em função do tempo de permanência no solo sob restrição hídrica.

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

O aumento gradual do TA demonstra que as sementes estavam na Fase I da embebição, caracterizada pela rápida, mas controlada, absorção de água pelos coloides da semente, sem que ocorresse a protrusão da radícula (Bewley, 2013). Esta hidratação lenta, observada nos tratamentos intermediários (24h a 96h), tem sido descrita como benéfica, pois permite a reorganização das membranas celulares, mitigando os danos de embebição rápida que tipicamente ocorrem quando sementes muito secas são expostas à água livre (MARCOS-FILHO, 2015).

Os resultados de Condutividade Elétrica revelaram um comportamento não linear em resposta ao tempo de permanência no solo. As sementes do tratamento controle (0 horas), que não foram submetidas ao solo, apresentaram valor elevado de $98,1 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

Nos tratamentos seguintes, observou-se uma redução significativa (melhora da qualidade aparente), com os valores caindo para $62,9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em 48 horas e atingindo o mínimo de $58,6 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em 96 horas. No entanto, ao completar 120 horas de exposição, a condutividade elétrica voltou a subir drasticamente, atingindo $91,0 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, aproximando-se do valor inicial.

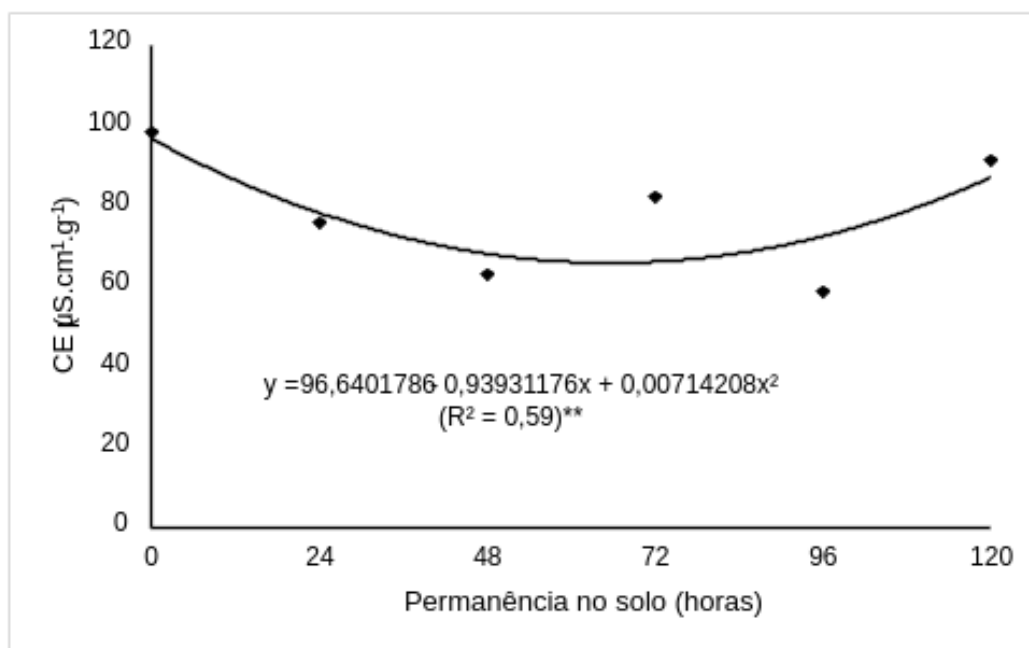


Figura 4. Variação da Condutividade Elétrica (CE) das sementes de soja ao longo do tempo de permanência no solo sob estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

O teste de condutividade elétrica avalia indiretamente o grau de organização do sistema de membranas celulares, medindo a quantidade de lixiviados (açúcares, aminoácidos, íons) liberados pela semente na água de embebição (Vieira; Krzyzanowski, 1999).

O valor elevado observado na testemunha (0h) não indica necessariamente sementes deterioradas, mas sim a ocorrência de dano por embebição rápida. As sementes deste tratamento possuíam baixo teor de água inicial (10,6%). Segundo Bewley et al. (2013), quando sementes secas são imersas abruptamente na água do teste, a entrada rápida de água desorganiza momentaneamente as membranas, causando excessiva lixiviação de solutos antes que a estrutura celular possa se reorganizar.

A redução da condutividade nos tratamentos de 24h a 96h é explicada pela pré-hidratação lenta no solo. A umidade do solo, embora baixa, permitiu que as sementes elevassem seu teor de água gradualmente. Essa hidratação lenta favoreceu a reorganização das membranas e o reparo de organelas (priming) antes da imersão na água do teste, resultando em menor liberação de exsudatos e, conseqüentemente, menores valores de condutividade elétrica (Filho, 2015).

Porém, a elevação da Condutividade elétrica em 120 horas reflete um processo distinto: a deterioração real por estresse térmico. A exposição prolongada a temperaturas de solo de até 47°C provocou danos irreversíveis às membranas, provavelmente via peroxidação lipídica e desnaturação de proteínas de membrana. Neste ponto, a alta lixiviação não foi causada pela entrada rápida de água (pois a semente já estava hidratada), mas pela perda de seletividade e colapso da integridade celular (Krzyzanowski, 2020), corroborando a queda de vigor observada nos testes de emergência.

A Emergência de Plântulas em Campo demonstrou ser a variável mais sensível às

condições de estresse impostas pelo ambiente de "semeadura no pó". Observou-se um comportamento bifásico (aumento seguido de queda) em resposta ao tempo de permanência no solo.

As sementes do tratamento controle (0 horas) apresentaram 66% de emergência. Houve um incremento significativo no tratamento de 24 horas, que atingiu o pico de emergência do experimento com 79%. No entanto, a permanência no solo por períodos superiores a 24 horas resultou em um declínio linear e acentuado da emergência. Às 72 horas, a emergência reduziu-se para 52% e, ao final do período de exposição (120 horas), atingiu o valor mínimo de apenas 36%.

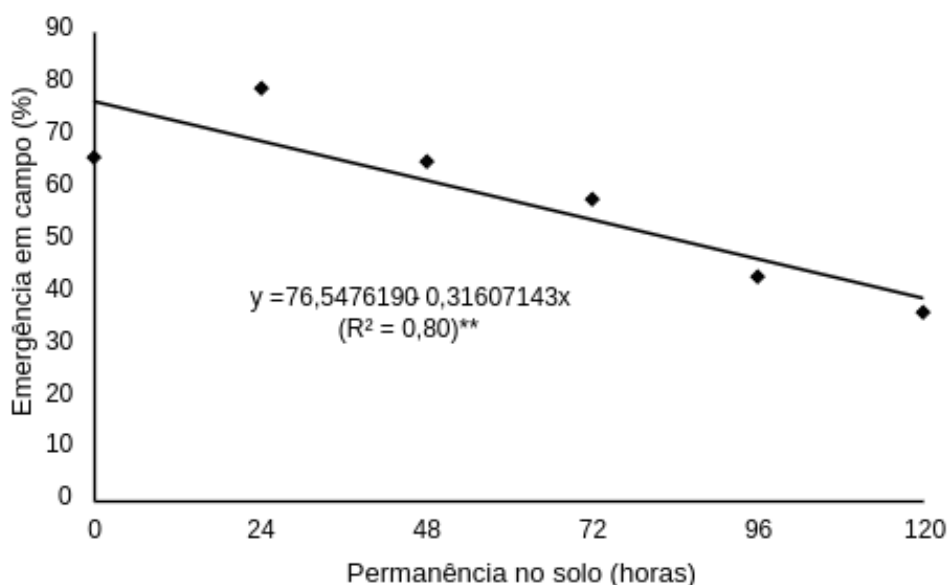


Figura 5. Porcentagem de Emergência de Plântulas em Campo em função do tempo de permanência da semente no solo sob estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

Os resultados evidenciam que o tempo de exposição ao solo seco e quente é determinante para o sucesso ou fracasso do estabelecimento da lavoura.

O aumento observado nas primeiras 24 horas (de 66% para 79%) sugere a ocorrência de um condicionamento fisiológico (priming) in situ. A exposição por curto período à baixa umidade do solo permitiu uma hidratação lenta e controlada, suficiente para ativar o metabolismo preparatório (reparo de membranas e organelas) sem que houvesse a protrusão da radícula. Segundo Marcos Filho (2015), sementes submetidas a esse processo tendem a emergir mais rápida e uniformemente quando a água se torna plenamente disponível, superando o desempenho de sementes não condicionadas.

Entretanto, a queda drástica observada a partir de 48 horas, culminando em 36% às 120 horas, indica que os fatores de estresse — notadamente a temperatura do solo, que atingiu picos de 47°C (Figura 1) — superaram os mecanismos de tolerância da semente. Temperaturas do solo acima de 40°C são deletérias para a soja, causando a desnaturação de proteínas e inativação de enzimas essenciais para a germinação, respiração excessiva, onde a semente consome suas

reservas energéticas apenas para manutenção celular, restando pouca energia (ATP) para o crescimento do hipocótilo e rompimento da camada de solo (Bewley., 2013) e danos oxidativos, com acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) que degradam as estruturas celulares (Henning et al., 2010).

O baixo percentual final (36%) confirma que a prática de semeadura no pó na região de Uruçuí-PI apresenta altíssimo risco se o período de estiagem ultrapassar 48 horas, comprometendo o estande de plantas e a produtividade final (Schuab, 2006).

O Índice de Velocidade de Emergência (IVE) seguiu o padrão observado nos demais testes de vigor. O IVE foi de 14 na testemunha (0h), elevou-se para 17 após 24 horas de exposição, e a partir de 48 horas iniciou um declínio constante e progressivo, atingindo o menor valor de 7 no tratamento de 120 horas.

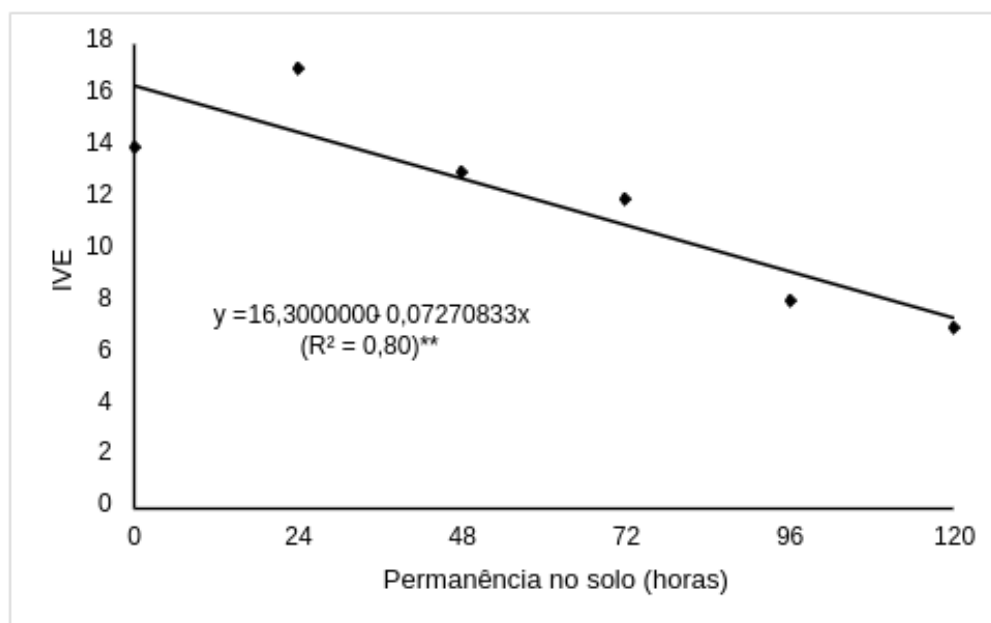


Figura 6. Índice de Velocidade de Emergência (IVE) das plântulas em função do tempo de permanência da semente no solo sob estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

O pico de velocidade observado em 24 horas reforça a conclusão do efeito priming. As sementes "preparadas" por 24 horas apresentaram maior sincronia e rapidez na emergência em campo após a simulação de chuva (irrigação), resultando em um estande mais uniforme.

Por outro lado, a drástica redução do IVE para 7 em 120 horas é um dos resultados mais alarmantes do experimento. Este declínio é atribuído à exaustão das reservas e aos danos mitocondriais induzidos pela alta temperatura (45°C a 47°C). Sob calor, a semente utiliza grande parte de sua energia na respiração de manutenção e nos esforços de reparo, sobrando pouca energia (ATP) para os processos de alongamento celular e crescimento rápido, necessários para emergir em um ambiente de campo (Filho, 2015). A baixa velocidade de emergência em 120 horas implica que, mesmo as plântulas que conseguiram romper o solo, o fizeram de forma lenta, aumentando a vulnerabilidade a patógenos e reduzindo a competitividade na lavoura.

O teste de Primeira Contagem de Germinação (PCG) em areia demonstrou que o vigor da semente foi influenciado pelo tempo de exposição no solo seco. Partindo de 56% na testemunha (0h), o percentual atingiu o pico de 74% após 24 horas de exposição. Nos períodos subsequentes, houve uma manutenção de vigor em patamares medianos (67% a 69% entre 48h e 96h), com uma queda abrupta para 47% no tratamento de 120 horas.

O aumento inicial (0h para 24h) é um forte indicador de que a exposição breve ao solo seco, mesmo sob alta temperatura, funcionou como um condicionamento fisiológico (priming). A absorção lenta de água (Teor de Água subindo de 10,6% para 14,4%) permitiu a reativação e o reparo de membranas e mitocôndrias, essenciais para uma rápida retomada metabólica durante o teste (Filho, 2015).

A manutenção de valores intermediários de 48h a 96h sugere que a semente estava utilizando seus mecanismos de reparo para neutralizar os danos do calor. Contudo, a queda para 47% em 120 horas demonstra que o limite de tolerância térmica foi excedido. Neste ponto, o estresse prolongado (temperaturas do solo de até 47°C) causou desnaturação enzimática e degradação de organelas, comprometendo a velocidade de crescimento do eixo embrionário, mesmo quando as sementes foram transferidas para condições ótimas de laboratório (Bewley, 2013).

O Índice de Velocidade de Emergência (IVE) seguiu o padrão observado nos demais testes de vigor. O IVE foi de 14 na testemunha (0h), elevou-se para 17 após 24 horas de exposição, e a partir de 48 horas iniciou um declínio constante e progressivo, atingindo o menor valor de 7 no tratamento de 120 horas.

A Primeira Contagem de Germinação em Areia demonstrou que o vigor da semente foi influenciado pelo tempo de exposição no solo seco. Partindo de 56% na testemunha (0h), o percentual atingiu o pico de 74% após 24 horas de exposição. Nos períodos subsequentes, houve uma manutenção de vigor em patamares medianos (67% a 69% entre 48h e 96h), com uma queda abrupta para 47% no tratamento de 120 horas.

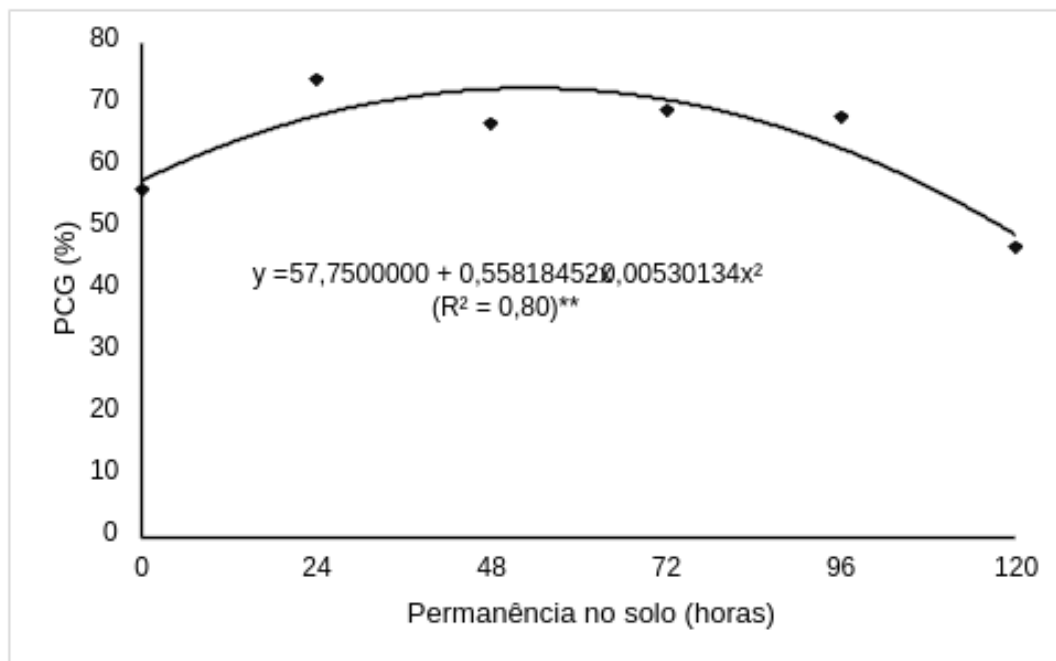


Figura 7. Desempenho de vigor das sementes, avaliado pela Primeira Contagem de Germinação (PCG) em areia, em função do tempo de exposição ao estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

O aumento inicial (0h para 24h) é um forte indicador de que a exposição breve ao solo seco, mesmo sob alta temperatura, funcionou como um condicionamento fisiológico (priming). A absorção lenta de água (Teor de Água subindo de 10,6% para 14,4%) permitiu a reativação e o reparo de membranas e mitocôndrias, essenciais para uma rápida retomada metabólica durante o teste (Filho, 2015).

A manutenção de valores intermediários de 48h a 96h sugere que a semente estava utilizando seus mecanismos de reparo para neutralizar os danos do calor. Contudo, a queda para 47% em 120 horas demonstra que o limite de tolerância térmica foi excedido. Neste ponto, o estresse prolongado (temperaturas do solo de até 47°C) causou desnaturação enzimática e degradação de organelas, comprometendo a velocidade de crescimento do eixo embrionário, mesmo quando as sementes foram transferidas para condições ótimas de laboratório (Bewley, 2013).

A porcentagem de germinação final em areia apresentou comportamento estável e elevado ao longo dos períodos de exposição. Os valores oscilaram entre 82% e 92%. Observou-se um incremento inicial, onde a germinação subiu de 83% na testemunha (0h) para o pico de 92% no tratamento de 24 horas. Nos tratamentos subsequentes de exposição ao solo seco (48h, 72h e 96h), a germinação manteve-se acima de 86%. no tratamento de 120 horas de estresse térmico e hídrico, a germinação foi de 82%, valor estatisticamente similar à condição inicial.

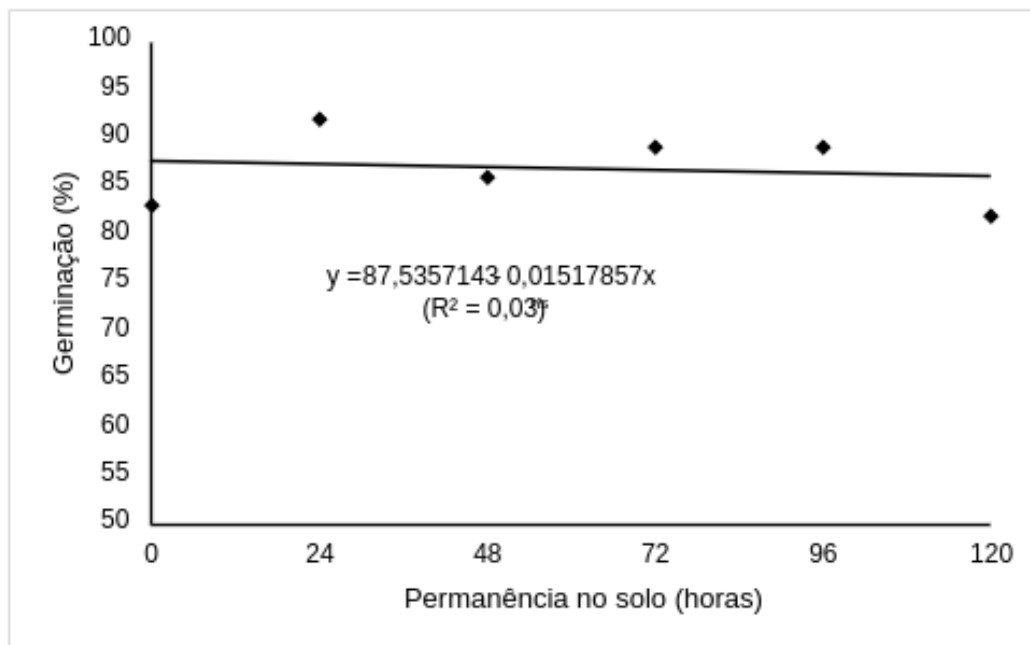


Figura 8. Germinação em Areia (Contagem Final), em função do tempo de exposição ao estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

Este comportamento ilustra a clássica distinção entre germinação e vigor. Enquanto o vigor (avaliado pela emergência em campo e IVE) sofreu deterioração acentuada devido ao desgaste metabólico, a viabilidade (capacidade de germinar em condições perfeitas) foi preservada. Segundo Marcos Filho (2015), em um lote de sementes em processo de deterioração, a perda de vigor precede a perda da viabilidade.

Portanto, o estresse térmico imposto no campo consumiu as reservas energéticas necessárias para superar condições adversas (vigor), mas não foi letal a ponto de impedir a germinação quando a semente foi transferida para um ambiente protegido e com água abundante (areia). Isso corrobora os achados de Bewley (2013), que afirmam que sementes quiescentes podem tolerar certos níveis de dessecação e calor sem morte celular imediata, embora seu desempenho pós-germinativo seja afetado.

A massa seca das plântulas (MSP) apresentou uma leve oscilação inicial, com valor de 0,090 g na testemunha (0h), atingindo o pico de 0,097 g após 48 horas de exposição no solo. A partir de 72 horas, no entanto, a MSP iniciou um declínio constante e progressivo, culminando no menor valor do experimento, 0,083 g, no tratamento de 120 horas.

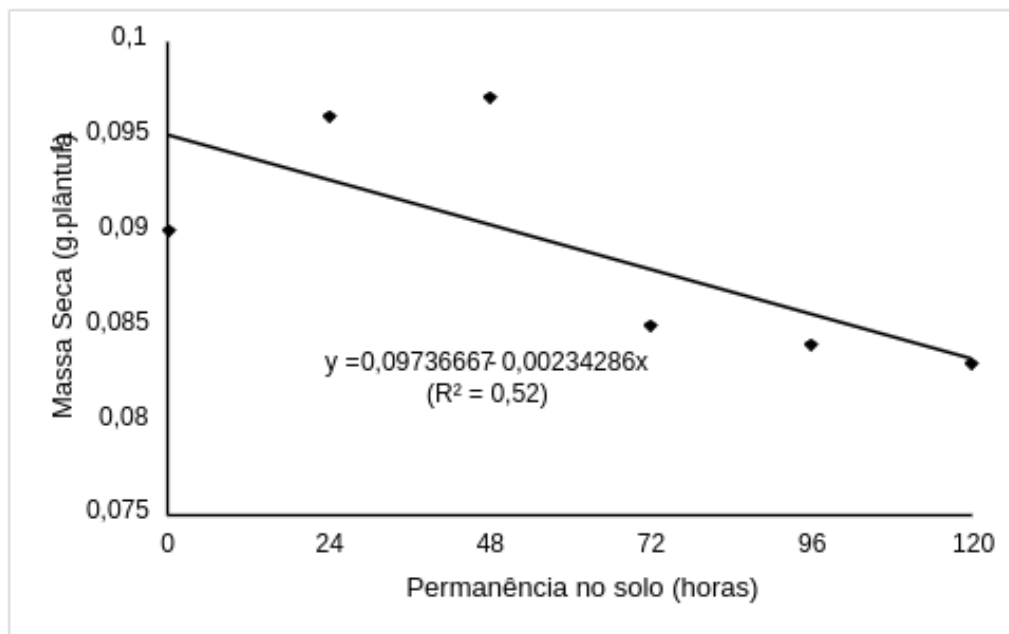


Figura 9. Massa Seca de Plântula (MSP) em função do tempo de exposição da semente ao estresse (0 a 120 horas).

Fonte: Mota, J. L. S. (2023).

A Massa Seca de Plântula é um indicador fisiológico que mede a eficiência da semente na translocação de reservas dos cotilédones para o eixo embrionário e o acúmulo de biomassa da plântula (Schuab, 2006). A MSP está diretamente correlacionada com o vigor, pois plântulas com maior massa seca inicial têm maior potencial para um rápido desenvolvimento radicular e foliar.

O decréscimo da MSP nos tratamentos mais longos (96h e 120h) é uma consequência direta do estresse térmico e hídrico imposto no campo. Sob altas temperaturas (picos de 47°C) e baixa umidade, a semente é forçada a acelerar a taxa respiratória (conhecida como respiração de manutenção). Esta respiração excessiva consome as reservas armazenadas (carboidratos e lipídios) para tentar reparar os danos causados pelo calor e manter a homeostase celular, ao invés de utilizá-las para o crescimento e a formação de novos tecidos (Bewley, 2013).

Portanto, a plântula originada da semente exposta por 120 horas possui menor peso seco (0,083 g) e é considerada fisiologicamente mais fraca do que a plântula inicial (0,090 g). Este resultado está em total consonância com a queda de vigor observada na Emergência em Campo e no IVE, e é um sinal claro de que as sementes exauriram suas "baterias" energéticas na tentativa de sobreviver ao período de estresse prolongado (Filho, 2015).

4 CONCLUSÕES

A permanência de sementes de soja em solo seco sob condições de restrição hídrica e elevadas temperaturas promove respostas fisiológicas distintas em função do tempo de exposição. A exposição por até 24 horas favoreceu o condicionamento fisiológico das sementes, resultando em incremento do vigor, da emergência em campo e do índice de velocidade de emergência. Entretanto, períodos superiores a 48 horas ocasionaram deterioração progressiva do vigor, associada ao estresse térmico, ao aumento dos danos às membranas celulares e ao consumo

excessivo das reservas metabólicas, comprometendo o estabelecimento inicial das plântulas. Embora a germinação final tenha permanecido elevada, evidenciando preservação da viabilidade das sementes, a redução acentuada do vigor demonstra que a prática da “semeadura no pó” apresenta elevado risco agrônomo quando o período sem precipitação ultrapassa 48 horas nas condições edafoclimáticas do sul do Piauí.

5 REFERÊNCIAS

- ASSIS, C. L. de et al. Melhoramento genético e a adaptação da soja ao Cerrado brasileiro. **Revista Cultivar**, Pelotas, n. 250, p. 10-15, set. 2021.
- BRASIL**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2025.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/2024**. Brasília, DF: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 30 out. 2025.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Uruçuí: Temperatura, Tempo, Clima e Temperatura da Água Uruçuí**. [S.l.]: Climate-Data.org.
- BEWLEY, J. D. et al. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p.117-122, 2006.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja no Brasil: histórico e importância econômica**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 30 out. 2025.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC): metodologia e resultados para as culturas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Agricultura tropical: as tecnologias da Embrapa para o desenvolvimento do Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; PACHECO, E. B. (Org.). **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2011/2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FREITAS, Rogério Edivaldo. **Expansão de área agrícola no Piauí do Matopiba**. Brasília, DF: Ipea, fev. 2025.
- HENNING, F. A. et al. **Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja**

de alto e baixo vigor. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) - Lavoura Temporária e Permanente, Safra 2023.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Circular Técnica, 136).

MAPA. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC).** Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination** – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MORAIS, Reurysson Chagas de Sousa; ABREU, Lizandro Pereira de. Análise espacial da variabilidade de precipitação na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Nordeste de Brasil. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 03-18, jan./jun. 2021. DOI: 10.29327/261865.2.2-1.

SOBRINHO, S. C. S. **Semeando no pó.** *seedNews*, v. 23, n. 25, p. 30-34, set. 2020.

SALES, Suzana Raquel de Freitas. **Comportamento e tendência da produtividade de soja em face das mudanças climáticas no Brasil.** 2024.

SANTOS, T. R. dos; SOUSA, R. M.; FERREIRA, W. M. **Padrões de precipitação e veranicos no Cerrado piauiense e seus efeitos na agricultura.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 4, p. 785–798, 2021.

SCHUAB, S. R. P. et al. **Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1-4.26.