

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso em Engenharia Agrônoma

EVELLYN DANYLA GUILHERME BARBOSA

**EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE ALAGAMENTO NA GERMINAÇÃO E
VIGOR DE SEMENTES DE ALGODÃO**

EVELLYN DANYLA GUILHERME BARBOSA

**EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE ALAGAMENTO NA GERMINAÇÃO E
VIGOR DE SEMENTES DE ALGODÃO**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Ernando Balbinot.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Barbosa, Evellyn Danyla Guilherme.

Efeito de diferentes períodos de alagamento na germinação e vigor de sementes de algodão / Evellyn Danyla Guilherme Barbosa. - Colorado do Oeste, 2026.

18 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Ernando Balbinot.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2026.

1. Estresse abiótico. 2. *Gossypium hirsutum* L. . 3. Tolerância. 4. Vigor de sementes. I. Balbinot, Ernando (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

EVELLYN DANYLA GUILHERME BARBOSA

EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE ALAGAMENTO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE ALGODÃO

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Colorado do Oeste*, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Ernando Balbinot.

Aprovado em: **08/12/2025** pela banca examinadora.

Membro da Banca

Membro da Banca

Orientador

EFEITO DE DIFERENTES PERÍODOS DE ALAGAMENTO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE ALGODÃO

RESUMO: As sementes são o ponto de partida para a produção de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), como de várias outras culturas anuais. A época de semeadura do algodão na maioria das regiões é durante o período chuvoso, em que o excesso hídrico reduz a germinação e o estabelecimento de plantas no campo. Portanto, a seleção de lotes de sementes de cultivares mais vigoras pode melhorar nessas condições adversas. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta de sementes de cultivares de algodão após submersão em água por diferentes períodos de tempo. O experimento foi instalado e conduzido no Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – *Campus* Colorado do Oeste, de agosto a dezembro de 2024. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×5 , sendo duas cultivares de algodão (FM 944 GL e TMG 51WS3) e cinco períodos de alagamento (0, 12, 18, 24 e 30 horas), totalizando 10 tratamentos. As avaliações realizadas foram: porcentagem de germinação na primeira contagem e na contagem final, condutividade elétrica, pH do exsudato, porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência e matéria seca de plântula. Entre as cultivares avaliadas, o lote da FM destacou-se por apresentar maior tolerância ao estresse hídrico, mantendo melhores índices de germinação e vigor mesmo em condições de alagamento prolongado. Já no lote da TMG mostrou-se mais sensível, com reduções expressivas na maior parte das variáveis a partir das primeiras 12 horas de estresse. Os testes de condutividade elétrica e pH do exsudato não foram adequados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes tratadas de algodão.

Palavras-chave: Estresse abiótico. *Gossypium hirsutum* L. Tolerância. Vigor de sementes.

EFFECT OF DIFFERENT FLOODING PERIODS ON COTTON SEED GERMINATION AND VIGOR

ABSTRACT: Seeds are the starting point for cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production, as well as for several other annual crops. Cotton sowing in most regions occurs during the rainy season, and excess water reduces germination and plant establishment in the field. Therefore, selecting seed lots of more vigorous cultivars can improve performance under these adverse conditions. The objective of this study was to evaluate the response of cotton cultivar seeds after submersion in water for different periods of time. The experiment was installed and conducted at the Seed Laboratory of the Federal Institute of Rondônia – Colorado do Oeste Campus, from August to December 2024. The experimental design used was completely randomized (CRD), in a 2×5 factorial scheme, with two cotton cultivars (FM 944 GL and TMG 51WS3) and five flooding periods (0, 12, 18, 24, and 30 hours), totaling 10 treatments. The evaluations performed were: germination percentage at the first count and at the final count, electrical conductivity, exudate pH, emergence percentage, emergence speed index, mean emergence time, and seedling dry matter. Among the cultivars evaluated, the FM lot stood out for showing greater tolerance to water stress, maintaining better germination and vigor rates even under prolonged flooding conditions. The TMG lot, on the other hand, proved more sensitive, with significant reductions in most variables after the first 12 hours of stress. The electrical conductivity and exudate pH tests were not adequate to evaluate the physiological quality of treated cotton seeds.

KEYWORDS: Abiotic stress. *Gossypium hirsutum* L. Seed vigor. Tolerance.

1. INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura de grande importância econômica no âmbito mundial, pois corresponde a principal fonte de fibras naturais. O Brasil ocupa posição de destaque, figurando como o terceiro maior produtor global (Côelho, 2025). O desempenho recente da cotonicultura brasileira tem se destacado não apenas pela produção interna, mas também pelo crescimento expressivo nas exportações. Ao final do ano comercial 2023/2024, o Brasil alcançou um marco histórico ao tornar-se o maior exportador mundial de pluma de algodão, superando os Estados Unidos e antecipando uma meta inicialmente projetada para ser atingida apenas em 2030, com uma produção de 3,7 milhões de toneladas de pluma e exportações de cerca de 2,6 milhões de toneladas (ABRAPA, 2024).

As sementes representam o ponto de partida para a implantação de qualquer cultura agrícola, sendo essenciais para o sucesso produtivo. Sementes de elevado vigor proporcionam maior uniformidade na emergência, desenvolvimento inicial vigoroso e reflexos positivos na produtividade final. A avaliação do vigor representa uma etapa fundamental para a determinação da qualidade fisiológica dos lotes destinados à semeadura, pois reflete a capacidade das sementes de germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, em variadas condições ambientais (França-Neto; Krzyzanowski, 2001). Assim, a aplicação de testes laboratoriais, como os de germinação, emergência e vigor, constitui uma ferramenta indispensável no controle de qualidade de sementes, permitindo a seleção de lotes com melhor desempenho fisiológico (Torres *et al.*, 2015).

Os testes de germinação e emergência são métodos tradicionais amplamente utilizados na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, fornecendo informações fundamentais sobre o seu potencial de estabelecimento no campo. O teste de germinação, padronizado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), consiste em submeter sementes a condições controladas de temperatura, umidade e luz, visando avaliar sua capacidade de originar plântulas normais. Embora seja um teste essencial para aferir a viabilidade das sementes, ele nem sempre reflete com precisão o desempenho em condições adversas, uma vez que é realizado em ambiente ideal.

Dentre os testes de vigor, destaca-se o teste de condutividade elétrica (CE), reconhecido pela International Seed Testing Association (ISTA, 2011) como um método eficiente, rápido e de fácil execução para avaliação da qualidade fisiológica das sementes (Krzyzanowski *et al.*, 2023). Esse teste baseia-se na integridade da membrana celular: sementes com membranas

danificadas liberam maior quantidade de íons durante a embebição, resultando em maiores valores de CE, indicativos de baixo vigor (Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018). Em estudo recente, Queiroz *et al.* (2024) verificaram que o teste de CE mostrou precisão para distinguir a qualidade fisiológica de diferentes cultivares de algodão, identificando a cultivar que apresentou melhor desempenho, com alto índice de velocidade de emergência, elevada porcentagem de plântulas normais e baixos índices de plântulas anormais.

Além do teste de CE, o teste de alagamento também pode ser aplicado para avaliar o vigor das sementes, simulando condições de encharcamento no solo. Durante o processo de embebição, sementes com baixo vigor são mais suscetíveis à absorção rápida e descontrolada de água, o que pode causar danos fisiológicos conhecidos como lesões por embebição. Esses danos resultam na liberação excessiva de exsudatos, como açúcares e aminoácidos, além da ruptura das estruturas celulares, comprometendo a integridade da semente (Marcos-Filho, 2005). Segundo o mesmo autor, em condições de campo, a presença desses exsudatos na rizosfera pode favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos, aumentando o risco de infecções, reduzindo a taxa de emergência e afetando negativamente o estabelecimento das plântulas. Outro fator relacionado às situações de alagamento, refere-se aos tecidos vegetais submersos, que passam a sofrer de deficiência de oxigênio. Essa condição pode desencadear efeitos metabólicos deletérios, como o acúmulo de compostos tóxicos, a exemplo do etanol, resultante do metabolismo fermentativo nas raízes (Najeeb *et al.*, 2015).

Salamati *et al.* (2015) observaram o efeito do alagamento na germinação em sementes de algodão em períodos de exposição ao teste de alagamento em diferentes temperaturas, e constataram decréscimo linear na germinação, no número de plântulas normais e na massa seca das plântulas com o aumento do período de submersão em água e redução da temperatura. Com esses resultados concluíram que o teste de alagamento pode representar uma ferramenta eficaz para distinguir lotes com diferentes níveis de vigor.

Dantas *et al.* (2000) avaliaram a eficiência do teste de alagamento na caracterização do vigor de sementes de milho, submetendo três lotes a submersão em água destilada por três dias, a 25 °C. Os autores correlacionaram os resultados do teste de alagamento com outros ensaios tradicionais de qualidade fisiológica, como os testes de germinação, emergência em campo, matéria seca de plântulas e índice de velocidade de emergência. Os dados obtidos demonstraram que o teste de alagamento foi eficiente para distinguir os lotes avaliados, especialmente ao analisar a porcentagem de plântulas normais e anormais, bem como os valores de condutividade elétrica após a submersão. Dessa forma, o teste de alagamento mostrou-se

uma alternativa viável para a avaliação do vigor, ao simular condições de estresse por hipóxia e avaliar a capacidade de sobrevivência das sementes frente à deficiência de oxigênio no meio.

A cultura do algodão, conforme o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), tem sua janela de plantio recomendada entre dezembro e janeiro na maioria dos estados brasileiros, incluindo Rondônia e Mato Grosso, época de elevada precipitação pluviométrica (Flores *et al.*, 2016). Com isso, faz-se necessário a seleção de lotes de sementes com maior potencial de germinação e estabelecimento em condições adversas, como exemplo, o estresse hídrico pelo excesso de chuva no momento da semeadura. Diante disso, com a escassez de estudos envolvendo o teste de alagamento na cultura do algodão, o trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes períodos de submersão em água, na germinação e vigor de sementes de cultivares de algodão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. SEMENTES DE ALGODÃO

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – *Campus* Colorado do Oeste. Foram utilizadas sementes de algodão das cultivares TMG 51 WS3, da TMG Tropical Melhoramento e Genética S.A (Rondonópolis - MT), e FM 944 GL, da BASF-FiberMax, com tratamento (Tabela 1), recomendadas e cultivadas na região de Vilhena (RO) e no estado de Mato Grosso, com alto potencial produtivo e excelente qualidade de fibra.

Tabela 1 – Tratamento adicional de sementes de algodão das cultivares TMG 51 WS3 e FM 944 GL.

Classe	Produto	Ingrediente Ativo / Concentração	Dose do Produto (mL/kg de semente)
Inseticida sistêmico	CRUISER® 350 FS	TIAMETOXAM (350 g/L)	6,0 mL/kg
Nematicida e inseticida	AVICTA 500 FS PRO	ABAMECTINA (500 g/L)	3,0 mL/kg
Fungicida	DYNASTY	AZOXISTROBINA (75 g/L) METALAXIL-M (37,5 g/L) FLUDIOXONIL (12,5 g/L)	3,0 mL/kg
RECOBRIMENTO			

POLÍMERO	BIOCROMA VERMELHO	1 mL/kg
----------	-------------------	---------

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×5 , sendo duas cultivares de algodão (FM 944 GL e TMG 51WS3) e cinco períodos de alagamento (0, 12, 18, 24 e 30 horas), totalizando 10 tratamentos. Os tratamentos foram denominados da seguinte maneira: T1 - Testemunha da cultivar TMG 51 WS3, sem submersão em água; T2 - Sementes da cultivar TMG 51 WS3, submersas por período de 12 horas; T3 - por 18 horas; T4 - por 24 horas; T5 - por 30 horas; T6 - Testemunha da FM 944 GL, sem submersão em água; T7 - Sementes da cultivar FM 944 GL submersas por período de 12 horas; T8 - por 18 horas; T9 - por 24 horas; T10 – por 30 horas.

Cada tratamento foi constituído por quatro repetições, resultando em 40 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes.

2.3. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS

Após os períodos de alagamento as sementes foram submetidas aos seguintes testes: condutividade elétrica; pH do exsudato; germinação; emergência em areia, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência.

2.3.1. Teste de alagamento

Realizado com quatro repetições de 50 sementes e cinco tratamentos para cada cultivar. As sementes foram imersas em copos plásticos de 200 mL, contendo 75 mL de água destilada, e mantidas em germinador à temperatura de 25 °C, por diferentes períodos de submersão: 0, 12, 18, 24 e 30 horas.

Posteriormente, cada repetição foi submetida ao teste de condutividade elétrica, germinação em rolo de papel germitest, matéria seca das plântulas (raiz e parte aérea), emergência em bandejas utilizando a areia como substrato, índice de velocidade de emergência e matéria seca da parte aérea das plântulas.

2.3.2. Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, utilizando-se como substrato o papel para germinação. Foram utilizadas três folhas de papel, umedecidas com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado (Brasil, 2009). As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel para germinação previamente umedecidas, em formato de quincôncio, visando manter um espaçamento uniforme. Posteriormente, foram cobertas com uma terceira folha, e logo após, os papéis foram confeccionados em forma de rolos, com fitilhos de borracha nas pontas e mantidos em sacos plásticos transparentes. Os sacos adequadamente identificados foram acondicionados em câmara de germinação (tipo BOD) com temperatura alternada de 20-30 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz.

2.3.3. Primeira contagem da germinação

Correspondeu à contagem no sexto dia do teste de germinação, considerando-se apenas as plântulas normais, aquelas que continham todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias (Brasil, 2009).

Houve modificação na data da primeira contagem da germinação em relação à recomendação da RAS, de quatro para seis dias. Esta alteração permitiu maior precisão na avaliação das plântulas normais, mantendo conformidade com os critérios definidos pelas RAS (Brasil, 2009).

2.3.4. Teste de emergência

Para o teste de emergência, foi utilizado como substrato a areia, que foi peneirada e levada para uma estufa a 150 °C por 4 horas, para esterilização. Após esse período, a areia foi colocada em bandejas de polietileno, e foram semeadas quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento. As bandejas foram mantidas na bancada do laboratório de sementes e irrigadas duas vezes ao dia. A avaliação foi realizada no 12º dia após a semeadura, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas.

2.3.5. Índice de velocidade de emergência (IVE)

A análise do IVE foi realizada em conjunto com o teste de emergência na areia, sendo feita a contagem diária de plântulas emergidas até o 12º dia após a semeadura. Para a contagem foram consideradas como plântulas emergidas aquelas cujos cotilédones estivessem abertos (BRASIL, 2009).

Para calcular o índice de velocidade de emergência foi utilizada a fórmula de Maguire (1962):

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

N = números de plântulas verificadas no dia da contagem;

D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

2.3.6. Tempo médio de emergência (TME)

A avaliação do TME foi realizada em conjunto com o IVE. Para calcular o tempo médio necessário para atingir a emergência máxima em dias foi utilizada a fórmula proposta por Edmond e Drapala (1958):

$$TM = \frac{E1 \times T1 + E2 \times T2 + \dots + En \times Tn}{E1 + E2 + \dots + En}$$

Em que:

TM = tempo médio necessário para atingir a emergência máxima em dias;

E = número de plântulas emergidas por dia;

T= tempo em dias.

2.3.7. Massa de matéria seca de plântula

Foram utilizadas as plântulas normais classificadas no teste de germinação em rolo de papel e no teste de emergência. Para as plântulas do teste de germinação foram retirados os cotilédones, e separadas as raízes e partes aéreas (hipocótilo + folhas primárias), e acondicionadas em sacos de papel. No teste de emergência em areia, foi utilizada apenas a parte aérea das plântulas. Cada saquinho foi devidamente identificado e transferido para uma estufa de ventilação forçada de ar, com temperatura de 60 °C, por período de 48 horas. Após a retirada da estufa foi realizada a pesagem em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Os dados foram convertidos em mg/plântula.

2.3.8. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) foi avaliada pelo método de massa, utilizando quatro repetições de 50 sementes para cada cultivar. As sementes foram pesadas em balança analítica e imersas em 75 mL de água destilada, em copos de plástico (200 mL) e mantidas em BOD a 25 °C por 24 h para o tratamento testemunha, igual a um dos tratamentos da pesquisa, e para os demais tempos de embebição (12, 18 e 30 h).

Após o período de alagamento, determinou-se a CE das soluções de embebição por meio de um condutivímetro de bancada CentralBrasil-EC150. Os resultados obtidos foram divididos pelo peso das 50 sementes de cada repetição, e expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes.

2.3.9. pH do exsudato

Após o período de embebição, junto às medições de CE, determinou-se o pH das soluções de embebição por meio de um pHmetro de bancada KASVI.

2.4. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e alguns foram transformados (Arcoseno da raiz de X). Após, foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ($p < 0,05$) e então à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), através do programa estatístico Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,05$) dos fatores cultivar, períodos de alagamento e da interação entre ambos para todas as variáveis avaliadas, o que evidencia que a resposta das sementes de algodão ao estresse hídrico depende do material genético e do tempo de exposição.

Antes mesmo da aplicação dos tratamentos de alagamento, já foi possível observar que, no tempo zero (0 h), as sementes apresentavam percentuais de germinação reduzidos. Essa condição inicial indica que os lotes já se encontravam fisiologicamente comprometidos, independentemente do estresse imposto posteriormente. As sementes utilizadas para realização dos testes eram sobras de plantio, o que indica que já haviam sido expostas a diferentes etapas

que podem acelerar o processo de deterioração, como uso na safra anterior, manuseio, transporte, armazenamento e o período de espera no laboratório.

Na análise estatística da germinação, apenas no tratamento de 0h às cultivares não diferiram estatisticamente. Observou-se que a cultivar FM 944 GL apresentou percentuais superiores em relação a TMG 51 WS3 em todos os períodos de alagamento a partir de 12h. Nos tempos de 12 e 18h a cultivar FM apresentou germinação de 11 e 10,50% superior à TMG. Destacou-se nos tratamentos de 24 e 30h, nos quais manteve valores de 32 e 47,50% respectivamente, enquanto a TMG apresentou apenas 8 e 12%, conforme Tabela 2. De modo geral, a germinação reduziu progressivamente com o aumento do tempo de alagamento, especialmente após 18 h, em ambas as cultivares. Entretanto, para a cultivar FM 944 GL, não foram observadas diferenças estatísticas entre os períodos a partir de 12 h, indicando maior tolerância à condição de alagamento prolongado.

Na primeira contagem de germinação (PCG), utilizada como indicativo de vigor inicial, a cultivar FM manteve desempenho mais estável em todos os períodos, inclusive sob estresse, enquanto a TMG apresentou reduções expressivas a partir de 18h, chegando a apenas 4% em 30h de alagamento, 38% inferior à encontrada no mesmo período para a cultivar FM (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios de germinação (GE), primeira contagem de germinação (PCG) e massa de matéria seca das plântulas do teste de germinação na primeira contagem (MS GE).

Alagamento (horas)	GE (%)		PCG (%)		MS GE (mg/plântula)	
	TMG	FM	TMG	FM	TMG	FM
0	77,00 Aa	80,50 Aa	52,50 Aa	55,50 Aa	71,53 Aa	55,93 Ba
12	49,00 Bb	60,00 Ab	21,50 Bb	21,50 Ab	14,58 Ab	15,15 Ac
18	40,00 Bc	50,50 Ab	11,50 Bc	22,00 Ab	11,02 Bb	34,18 Ab
24	8,00 Bd	32,00 Ab	6,50 Bd	25,50 Ab	17,22 Ab	17,22 Abc
30	12,00 Bd	47,50 Ab	4,00 Bd	42,00 Ab	9,93 Ab	15,39 Ac
CV (%)	6,05		14,20		19,20	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha (cultivares) e minúsculas na coluna (alagamentos), diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação à massa seca de plântulas, a TMG apresentou maior valor no controle (0h), sendo 15,6% superior à FM, contudo, mostrou alta sensibilidade ao alagamento, com redução drástica de 56,95% já em 12h. A FM, embora tenha iniciado com menor biomassa no controle, apresentou maior estabilidade sob estresse, especialmente em 18h, quando superou a TMG. De

modo geral, a massa seca reduziu-se com o aumento do tempo de alagamento, indicando que o estresse comprometeu o acúmulo de biomassa, efeito também relatado por Salamati *et al.* (2015).

A emergência de plântulas também foi fortemente afetada pelo alagamento, com reduções progressivas na cultivar TMG. A FM destacou-se por manter valores superiores em todos os períodos de alagamento, exceto no controle (0h), onde foi estatisticamente semelhante à TMG. Esta, alcançou uma taxa de 93,50% mesmo após 30h de alagamento, enquanto a TMG apresentou apenas 24% no mesmo período (Tabela 3). Esse comportamento demonstra que a cultivar FM foi mais tolerante ao alagamento, enquanto a TMG pode ter sido afetada pela liberação excessiva de exsudatos que em condições de campo, pode favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos, aumentando o risco de infecções, reduzindo a taxa de emergência e afetando negativamente o estabelecimento das plântulas (Marcos-Filho, 2005).

A massa seca de plântulas foi reduzida pelo alagamento, principalmente para cultivar TMG. No controle (0h), ela apresentou maior acúmulo de biomassa, mas sofreu reduções já a partir de 12h de alagamento, chegando a apenas 19,36 mg/plântula em 30h, no mesmo período, a FM conseguiu atingir 30,44 mg/plântula, sendo 11,08% superior (Tabela 3). A cultivar FM, manteve valores estáveis, mesmo sob alagamento prolongado, reforçando sua maior tolerância.

Tabela 3 – Valores médios de emergência (EMERG) e massa de matéria seca das plântulas do teste de emergência (MS EMERG).

Alagamento (horas)	EMERG (%)		MS EMERG (mg/plântula)	
	TMG	FM	TMG	FM
0	89,00 Aa	95,00 Aab	34,34 Aa	29,60 Ba
12	53,50 Bb	92,00 Aab	27,52 Ab	29,59 Aa
18	53,00 Bbc	97,00 Aa	30,02 Aab	31,67 Aa
24	35,50 Bcd	91,50 Ab	27,06 Ab	29,65 Aa
30	24,00 Bd	93,50 Aab	19,36 Bc	30,44 Aa
CV (%)	8,37		4,71	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha (cultivares) e minúsculas na coluna (alagamentos), diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Em estudo semelhante, Salamati *et al.* (2015) observaram que o aumento do período de alagamento teve efeito significativo na massa seca de plântulas, encontrando os maiores

resultados para o tratamento controle e os menores para o tratamento onde as sementes foram submetidas a 48 e 96h de alagamento.

Os resultados do índice de velocidade de emergência (IVE) reforçam o padrão observado nas demais variáveis. Como apresentado na tabela 4, o índice de velocidade de emergência (IVE) foi significativamente afetado pelo aumento do período de alagamento, com reduções progressivas para ambas as cultivares. No entanto, a cultivar FM manteve sempre valores superiores aos da TMG em todos os tempos avaliados. No tratamento controle (0 h), a FM apresentou IVE de 49,55, enquanto a TMG iniciou com 37,31. Esse comportamento indica maior vigor inicial da cultivar FM, seguindo o desempenho observado nos demais testes.

A partir de 12 h de alagamento, a queda no IVE tornou-se mais evidente na TMG, que reduziu para 14,63, enquanto a FM manteve 43,60. Esse padrão de queda acentuada para a TMG se manteve até 30 h, quando atingiu o menor valor registrado (3,60), indicativo de sementes com menor vigor, as quais são mais suscetíveis à absorção rápida e descontrolada de água, o que pode causar lesões por embebição (Marcos-Filho, 2005). Já a FM, embora também tenha apresentado redução, manteve valores significativamente superiores até o maior período (IVE = 41,73 em 30 h), demonstrando maior capacidade fisiológica de manter a emergência rápida mesmo sob condições adversas.

Tabela 4 – Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME).

Alagamento (horas)	IVE		TME (dias)	
	TMG	FM	TMG	FM
0	37,31 Ba	49,55 Aa	6,53 Ac	5,40 Bb
12	14,63 Bb	43,60 Aab	8,12 Ab	5,85 Bab
18	13,83 Bbc	40,99 Ab	8,30 Ab	6,23 Ba
24	9,74 Bc	37,18 Ab	8,14 Ab	6,50 Ba
30	3,60 Bd	41,73 Ab	9,92 Aa	6,20 Ba
CV (%)	5,92		3,06	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha (cultivares) e minúsculas na coluna (alagamentos), diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

O tempo médio de emergência (TME) reforça essa diferença entre as cultivares. Valores menores de TME indicam emergência mais rápida, e a FM apresentou os menores tempos em todos os períodos de alagamento. No controle, a FM emergiu em 5,40 dias, enquanto a TMG

necessitou de 6,53 dias. Com o aumento do estresse, a TMG apresentou crescimento expressivo do TME, atingindo 9,92 dias em 30h de alagamento, o que corresponde a uma emergência lenta e desuniforme.

Por outro lado, a FM manteve TME estável e relativamente baixo (6,20 dias em 30 h), demonstrando que sua velocidade de emergência foi menos afetada. Esses resultados indicam que, além de apresentar maiores percentuais de emergência e germinação, a cultivar FM também se estabelece mais rapidamente sob estresse hídrico, característica desejável em ambientes sujeitos a encharcamento temporário do solo. Em contrapartida, a TMG demonstra maior suscetibilidade, apresentando emergência lenta, reduzida e sensível ao prolongamento do período de alagamento.

Resultados semelhantes foram observados por Freitas *et al.* (2011) ao determinar a lâmina de água ideal para maximizar a emergência e o vigor de sementes de soja. Os autores relataram queda acentuada desses atributos à medida que se aumentava a lâmina de água aplicada, e associaram o efeito à redução do oxigênio disponível no meio.

No teste de condutividade elétrica (CE), quanto maior a CE registrada, maior é a lixiviação de solutos, e, portanto, menor o vigor das sementes analisadas (Marcos-Filho, 2015), contudo, observou-se aumento na lixiviação de eletrólitos em alguns períodos, sobretudo em FM, mas sem que isso comprometesse sua germinação e emergência. Já a TMG, mesmo apresentando CE inferior em alguns casos, teve vigor reduzido, o que indica que esse teste deve ser interpretado em conjunto com outros parâmetros fisiológicos. De acordo com a Tabela 5, o padrão não foi linear, houve redução inicial (12h), mas em períodos mais longos (24h e 30h), a condutividade aumentou novamente, indicando deterioração mais acentuada das membranas sob estresse hídrico prolongado.

Quanto ao pH do exsudato, houve queda significativa após 12h de alagamento, indicando acidificação do meio devido ao metabolismo anaeróbico e acúmulo de ácidos orgânicos, comprometendo a integridade das sementes (Marcos-Filho, 2015). No entanto, a FM manteve valores de pH consistentemente mais altos que o TMG em quase todos os períodos (Tabela 6), evidenciando maior estabilidade metabólica e menor acúmulo de compostos tóxicos. Há possibilidade dos testes terem sofrido interferência do tratamento das sementes. De acordo com Krzyzanowski *et al.* (2023), a composição química do produto, pode afetar os resultados do teste de condutividade elétrica, contudo, não foram adequados para as condições das sementes.

Tabela 5 – Valores médios da condutividade elétrica (CE) e do pH do exsudato das soluções de embebição (pH).

Alagamento (horas)	CE		pH	
	TMG	FM	TMG	FM
0	268,96 Ba	311,74 Aa	5,37 Bab	5,63 Aa
12	227,86 Ab	209,94 Ac	5,24 Ab	5,13 Ab
18	249,98 Aab	244,84 Ab	5,34 Bab	5,60 Aa
24	251,81 Bab	286,63 Aa	5,32 Bab	5,56 Aa
30	275,11 Aa	284,44 Aa	5,46 Ba	5,69 Aa
CV (%)	5,87		1,75	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha (cultivares) e minúsculas na coluna (alagamentos), diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

De maneira geral, os resultados evidenciam que o alagamento compromete significativamente o vigor e a qualidade fisiológica das sementes de algodão, afetando germinação, emergência, velocidade e acúmulo de biomassa. Entretanto, a cultivar FM apresentou maior tolerância ao estresse hídrico, mantendo desempenho superior em maior parte das variáveis avaliadas, enquanto a TMG foi mais sensível, com reduções acentuadas já nas primeiras horas de alagamento. Os resultados reforçam a importância da escolha de cultivares mais tolerantes em regiões sujeitas a chuva forte no período de semeadura.

4. CONCLUSÕES

O estudo permitiu avaliar os efeitos do alagamento sobre o vigor de sementes de algodão em duas cultivares, utilizando diferentes parâmetros fisiológicos de germinação e vigor.

Os resultados evidenciaram que o alagamento comprometeu significativamente a qualidade fisiológica das sementes, reduzindo a germinação, a primeira contagem, a emergência, a velocidade de emergência e o acúmulo de biomassa.

Os testes de condutividade elétrica e pH do exsudato não foram adequados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes tratadas de algodão.

Entre as cultivares avaliadas, o lote da cultivar FM destacou-se por apresentar maior tolerância ao estresse hídrico, mantendo melhores índices de germinação, emergência e vigor mesmo em condições de alagamento prolongado. Já o lote da cultivar TMG mostrou-se mais

sensível, com reduções expressivas na maior parte das variáveis a partir das primeiras 12 h de estresse.

A tolerância ao alagamento varia entre os lotes de cultivares de algodão, onde o lote da cultivar FM, apresentou ser mais promissora para ambientes sujeitos a períodos de chuva forte, especialmente durante a fase inicial de estabelecimento da cultura.

5. REFERÊNCIAS

ABRAPA. Associação brasileira dos produtores de algodão. **Brasil torna-se maior exportador mundial de algodão na safra 2023/24**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://abrapa.com.br/2024/07/03/brasil-torna-se-maior-exportador-mundial-de-algodao-na-safra-2023-24>. Acesso em: 03 ago. 2024.

ABRAPA. Associação brasileira dos produtores de algodão. **Relatório de safra - dezembro de 2024**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://abrapa.com.br/wp-content/uploads/2024/12/Relatorio-de-Safra-dezembro-2024.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF, 2009. 399 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed., Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

COELHO, J. D. **Algodão**. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, v. 10, n. 391, p. 1–12, jun. 2025. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/3218/2243>. Acesso em: 01 dez. 2025.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.71, p.428-434, 1958.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. **Conheça as espécies de *Eucalyptus* com aptidão de plantio para cada município**. Piracicaba: SP: IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais), 2016. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/guiaecalyptus/>. Acesso em: 03 ago. 2024.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Vigor de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina (PR), v. 11, n. 3, p. 81–84, dez. 2001.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A.; PÁDUA, G. P. de.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FREITAS, I. C. V.; NOVAES JUNIOR, E. de S.; FRANCO, L. D. P.; MATIAS, F. I.; SANTOS NETTO, J. V. **Emergência e vigor de sementes de soja em função da disponibilidade**

hídrica do solo. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2011. 4 p. (Congresso Brasileiro de Ciência do Solo).

ISTA – International Seed Testing Association. **International rules for seed testing.** Suíça, Bassersdorf: ISTA, 2011. 60 p. Disponível em: <<https://www.seedtest.org/api/rm/MQ4SS4F98TEEDAV/sti141april2011.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2024.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; PRADO, J. P. do.; HENNING, F. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor da semente de soja.** Londrina, PR: Embrapa Soja, 2023, 21 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 199).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura.** Londrina, PR: Embrapa Soja, 2018. 24 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aids 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.** Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

NAJEEB, U.; BANGEL, M. P.; TAN, D. K. Y.; ATWELL, J. Consequences of waterlogging in cotton and opportunities for mitigation of yield losses. **Aob Plants**, v. 7, p. 1–17, jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv080>. Acesso em: 03 ago. 2024.

QUEIROZ, E. da S. S.; OLIVEIRA, L. B. de; CARVALHO, L. B. R. de; CARVALHO, L. Z. S. R. de; SILVA, A. A. S. Avaliação de qualidade fisiológica de sementes de algodão através do teste de condutividade elétrica. **Holos Environment**, Barreiras, v. 24, n. 1, p. 1–11, jan. 2024.

SALAMATI, N.; GALESHI, S.; SOLTANI, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Investigation of correlation between germination and growth components in cotton under waterlogging and temperature treatments. **International Journal of Biosciences (IJB)**, Gorgan, v. 6, n. 3, p. 1–8, fev. 2015.

TORRES, S. B.; PAIVA, E. P. de; ALMEIDA, J. P. N. de; BENEDITO, C. P.; CARVALHO, S. M. C. Test of electrical conductivity in evaluating the physiological quality of coriander seeds. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 8, jul./set. 2015.