



## EFEITOS DE BIOESTIMULANTES NA GERMINAÇÃO DE *Fagopyrum esculentum* Moench SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO

Loruama Lopes da Silva<sup>1</sup>, Maria Eduarda Ros<sup>1,2</sup>, Arney Eduardo do Amaral Ecker<sup>3</sup>, Adriely Lazarim<sup>4</sup>, Thaisa Cavaleiri Matera<sup>5</sup>, Gessica Gaboardi de Bastiani<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - contato.loruama@gmail.com

<sup>2</sup>Estudante do curso de agronomia, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - mariaeduardarosa628@gmail.com

<sup>3</sup>Coordenador, Docente, Doutor, Departamento de Agronomia, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - agronomia@uninga.edu.br

<sup>4</sup> Docente Mestre, Departamento de Agronomia, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - prof.adrielylazarim@uninga.edu.br

<sup>5</sup> Docente, Doutora, Departamento de Agronomia, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - prof.thaisamatera@uninga.edu.br

<sup>6</sup>Orientadora, Docente, Doutora, Departamento de Agronomia, Campus Maringá-PR, UNINGÁ – Centro Universitário Ingá - prof.gessicadebastiani@uninga.edu.br

### RESUMO

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) é uma cultura de cobertura de ciclo curto, amplamente utilizada para melhorar as propriedades físicas e biológicas do solo. A aplicação de bioestimulantes pode ser uma alternativa para auxiliar as plantas na superação de estresses abióticos, uma vez que atuam como incremento hormonal e nutricional. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de bioestimulantes, na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de trigo mourisco sob diferentes níveis de estresse hídrico. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições por tratamento. Os tratamentos foram compostos pelos bioestimulantes Stimulate®, Germinate® e uma combinação dos dois produtos e o estresse hídrico foi simulado por meio de soluções de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) com potenciais osmóticos 0, -0,1, -0,2 e -0,3 MPa. Os resultados indicam que o uso de bioestimulantes melhora a tolerância das sementes ao estresse hídrico moderado (-0,2 MPa), promovendo melhor desempenho entre as variáveis analisadas. No entanto, sob condições de estresse hídrico mais severo (-0,3 MPa), os efeitos dos bioestimulantes foram menos pronunciados. Concluindo que a utilização bioestimulantes pode ser uma estratégia promissora para o manejo de culturas em condições de déficit hídrico moderado, mas sua eficácia em cenários mais extremos precisa ser mais estudada.

**Palavras-chave:** *Germinate*. PEG. Potencial osmótico.

## 1 INTRODUÇÃO

Plantas de cobertura desempenham um papel crucial na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, ajudando a melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Essas plantas protegem o solo contra a erosão, aumentam a matéria orgânica e promovem a estabilidade dos agregados. Entre as opções de cobertura vegetal, destacam-se espécies que apresentam tolerância ao estresse hídrico, permitindo seu desenvolvimento mesmo em condições climáticas adversas (VINICIUS *et al.*, 2024). Isso inclui o trigo mourisco



(*Fagopyrum esculentum* Moench), sendo uma planta rústica e de ciclo curto, com rápida produção de biomassa e resistência a pragas e doenças (BASTIANI, 2020).

Apesar da rusticidade do trigo mourisco, as condições de estresse hídrico podem afetar negativamente o estabelecimento inicial da cultura, influenciando a germinação e o desenvolvimento das plântulas. O uso de sementes com alto potencial fisiológico é fundamental para garantir um desempenho adequado da cultura, especialmente sob condições de estresse ambiental. Sementes de qualidade têm maior capacidade de germinar uniformemente e se adaptar a ambientes com menor disponibilidade de recursos hídricos e nutrientes (NETO *et al.*, 2014).

A aplicação de bioestimulantes pode ser uma alternativa para auxiliar as plantas na superação de estresses abióticos, uma vez que atuam como incremento hormonal e nutricional (CARVALHO *et al.*, 2013). Bioestimulantes como Stimulate® e Germinate® têm mostrado resultados positivos em diferentes culturas, melhorando a germinação, o vigor das plântulas e o desenvolvimento inicial das plantas em condições adversas. Esses compostos podem estimular o crescimento radicular, atuando na recuperação da planta em condições desfavoráveis (CARVALHO *et al.*, 2013).

Em alguns experimentos, o estresse hídrico tem sido induzido de forma controlada utilizando polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) para simular diferentes níveis de deficiência hídrica no solo (MEDEIROS, 2013). Essa técnica permite reproduzir de maneira precisa as condições de campo, facilitando o estudo da resposta das plantas ao déficit hídrico. Embora o uso de bioestimulantes seja bem documentado em outras culturas, há uma lacuna na literatura sobre o seu impacto na germinação e no desenvolvimento inicial do trigo mourisco sob diferentes níveis de estresse hídrico. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de bioestimulantes, na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de trigo mourisco sob diferentes níveis de estresse hídrico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes, localizado no departamento de Agronomia do Centro Universitário Ingá - UNINGÁ, município de Maringá, PR. Foram utilizadas sementes de trigo mourisco da cultivar IPR 91 Baili, submetidas aos seguintes tratamentos:

- Test - testemunha;



- Stimulate® na dose de 6,0 mL kg<sup>-1</sup> de sementes;
- Germinate® na dose de 4 mL kg<sup>-1</sup> de sementes.
- Stimulate® 6,0 mL kg<sup>-1</sup> + Germinate® 4 mL kg<sup>-1</sup> de sementes.

A simulação do estresse hídrico se deu pela utilização do polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), com os níveis de potencial osmótico 0, -0,1, -0,2 e -0,3 MPa. Para cada potencial osmótico, a quantidade de PEG 6000 utilizada por litro de solução foi determinada com base nos critérios de Villela et al. (1991).

Foram semeadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento, em rolos de papel germitest umedecidas previamente com água de osmose reversa ou solução de PEG 6000, com quantidade de solução equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco (BRASIL, 2009). As sementes foram mantidas em germinador do tipo Mangelsdorf, sob temperatura constante de 20 °C.

Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizados os seguintes testes:

Primeira Contagem (PC): realizada no quarto dia após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais por repetição. Os resultados são expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento (BRASIL, 2009).

Germinação (G): contagem de plântulas normais no sétimo dia após a semeadura, também é contabilizado o número de plântulas anormais, sementes mortas e sementes duras. Os resultados são expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento (BRASIL, 2009).

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): contagens diárias, em horário fixo, do número de plântulas normais ao decorrer da duração do teste. O valor de IVG foi obtido por meio da fórmula  $IVE = (G1/N1) + \dots + (Gn/Nn)$ , em que: IVG = índice de velocidade de germinação; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias percorridos da semeadura ao dia da avaliação. Foi avaliado o IVG de plântulas normais (IVG-PN) e o IVG da protrusão radicular (IVG-PR) (Maguire, 1962).

Comprimento de Parte Aérea e Raiz (CPA e CR): Para cada repetição, dez plântulas representativas, foram escolhidas e avaliadas, comprimento de raiz e comprimento da parte aérea, com o auxílio de uma régua milimétrica, conforme descrito por Krzyzanowski et al. (2020).

Massa Seca de Parte Aérea e Raiz (MSPA e MSR): As raízes e partes aéreas das 10 plântulas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e levados



para a estufa sob temperatura de 60 °C por 48 horas. Após esse período, as massas foram determinadas por uma balança de precisão e o resultado expresso em gramas (g) por plântula, conforme descrito por Krzyzanowski et al. (2020).

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x4 (Tratamento de sementes x Potencial osmótico), totalizando 16 tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos qualitativos (tratamento de sementes) e, análise de regressão para os tratamentos quantitativos (diferentes doses de potencial osmótico).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar, por meio da análise de variância, que os tratamentos de sementes deram resultado significativo entre si na maioria das variáveis analisadas, vale destacar também que o estresse hídrico afetou significativamente o desenvolvimento da planta em todos os tratamentos, onde foi verificada redução de germinação de sementes á medida em que se diminuiu a água disponível por meio do potencial osmótico, o que se pode notar por meio das médias expostas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Médias quantitativas e qualitativas das variáveis analisadas: índice de velocidade de germinação da protrusão radicular (IVG-PR), índice de velocidade de germinação de plântulas normais (IVG-PN), primeira contagem (PC), contagem final de plântulas normais (CFN), contagem final de plântulas anormais (CFA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), em sementes de trigo mourisco submetidas a diferentes potenciais osmóticos obtidos por diferentes concentrações de polietilenoglicol 6000(PEG 6000).

Doses PEG	IVG-PR	IVG-PN	PC (%)	G (%)	CFA (%)	MSPA (g)	MSR (g)	CPA (cm)	CR (cm)	
0	70,61	34,86	90	93,88	3,5	0,135	0,019	3,87	9,26	
-0,1	72,43	34,38	88	92,5	5,38	0,123	0,019	2,5	8,54	
-0,2	64,095	23,92	55,13	68,25	30	0,097	0,018	1,74	7,03	
-0,3	54,166	3,97	1,75	19,25	77,88	0,0028	0,001	0,08	0,14	
Regressão linear	0,81	0,85	0,86	0,84	0,85	0,82	0,65	0,98	0,79	
Regressão quadrática	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,95	ns	0,97	
Trat (T)	ns					ns			ns	
Test	64,47 A	21,25 B	50,12 B	60,87 B	36,62 A	0,87 A	0,012 B	1,71 C	6,16 A	
Stimulate	64,91 A	24,20 A	58,62 A	70,62 A	26,75 B	0,096 A	0,014 AB	1,9 BC	6,5 A	
Germinate	66,23 A	24,53 A	61,12 A	68,25 AB	30,5 AB	0,084 A	0,014 AB	2,16 AB	6,11 A	



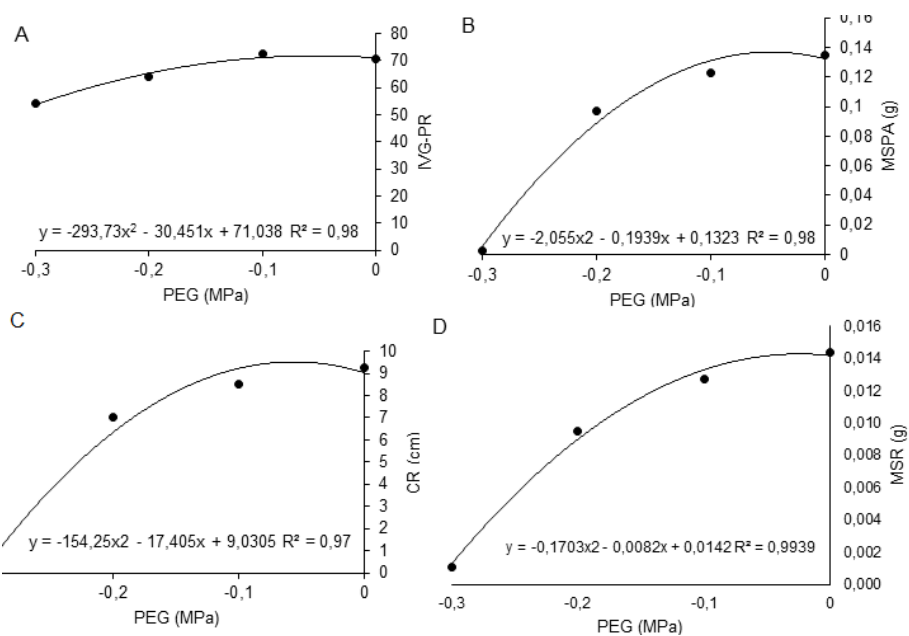
Stim + Ger	65,28 A	27,12 A	65 A	74,12 A	22,87 B	0,091 A	0,015 A	2,41 A	6,19 A
DMS	2,99	2,94	8,22	8,5	9,64	0,01	0,002	0,31	0,77
Teste f	1,361 <sup>ns</sup>	9,42	8,31	6,16	5,91	2,13 <sup>ns</sup>	3,02	13,08	0,71 <sup>ns</sup>
Int. PEG x T	3,8	4,5	6,46	2,91	2,29	3,12	1,92 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,86	12,9	14,89	13,19	33	15,75	22	16,47	13,26

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.  
<sup>ns</sup>Não significativo. Fonte: A autora.

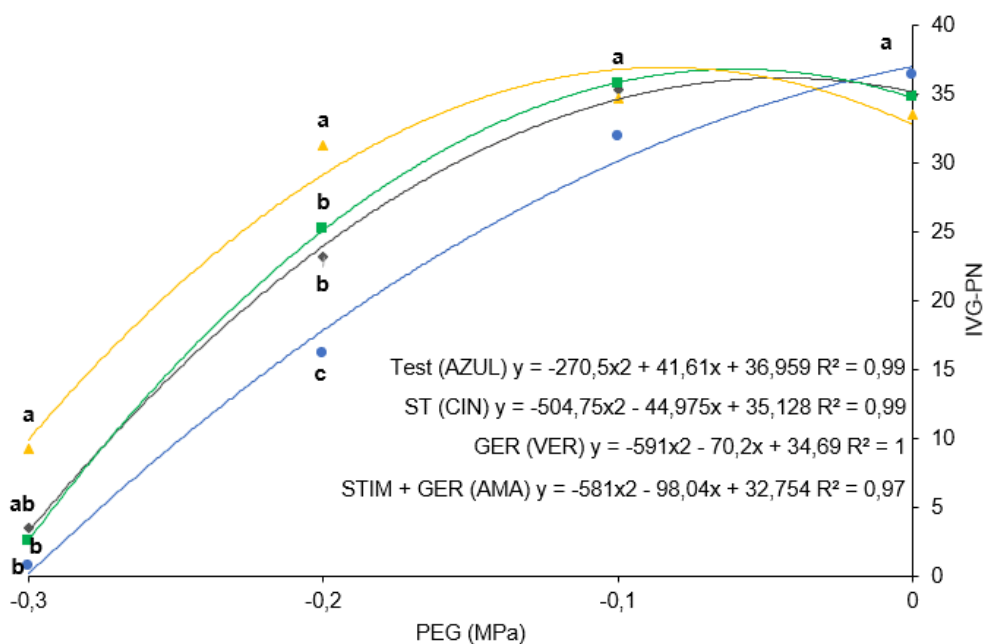
Para os testes de índice de germinação para a protrusão radicular (IVG-PR), massa seca da parte aérea (MSPA) e comprimento de raiz (CR) (Tabela 1) não houve diferenças significativas entre os tratamentos de sementes, no entanto, as doses de PEG tiveram influência significativa não só nessas, mas também nas outras variáveis resposta.

A análise de regressão para as crescentes doses de PEG teve resultados significativos tanto para o modelo linear, quanto para o modelo quadrático, com exceção do comprimento de parte aérea (CPA), ao qual o modelo quadrático não foi significativo e foram expressos (Tabela 1) por meio do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

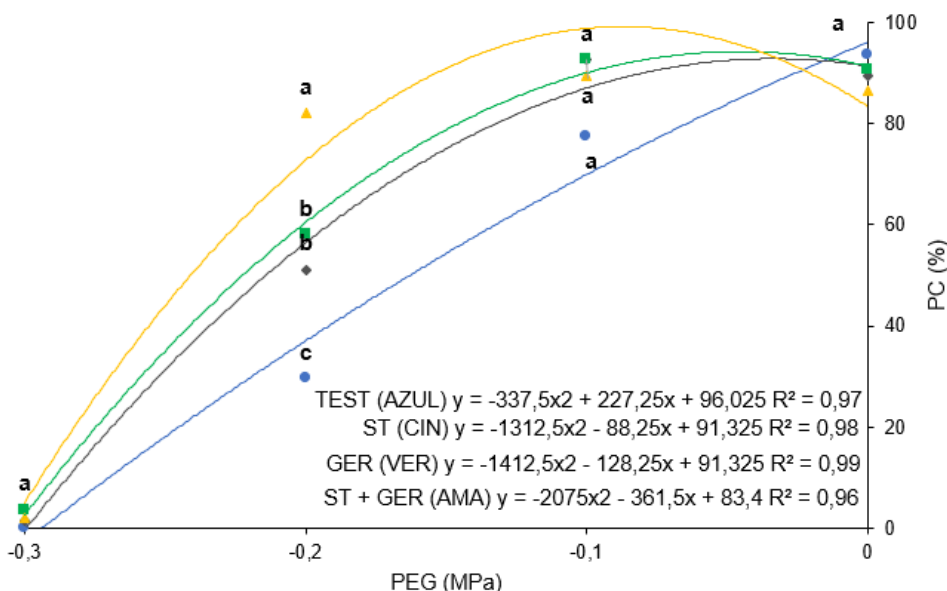
Foram feitos testes de Tukey e regressão para a taxa de sementes mortas, no entanto as diferenças foram insignificantes e, portanto, optou-se por não expressá-los na tabela.



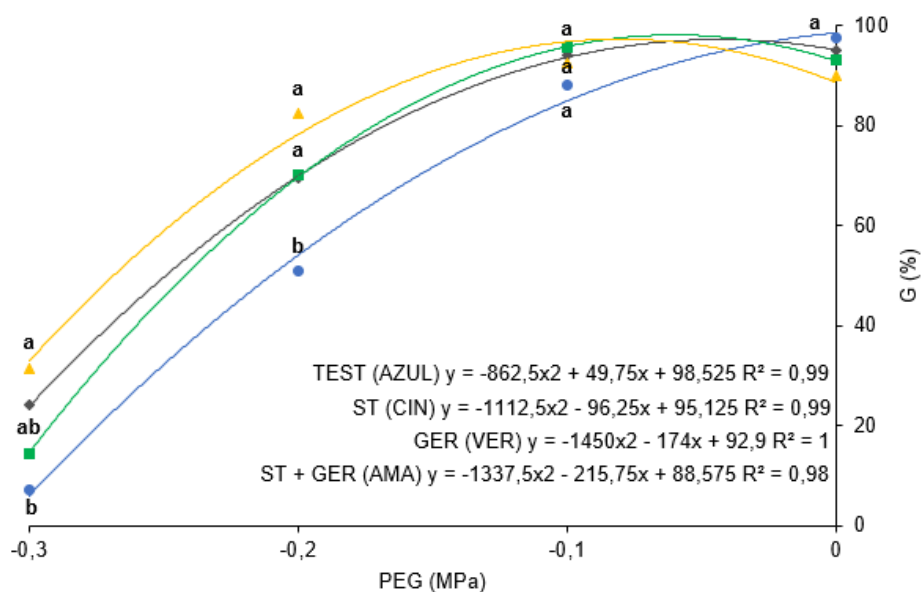
**Figura 1.** índice de velocidade de germinação de protrusão radicular (A), massa seca da parte aérea (B, g) e comprimento de raiz (C, cm), massa seca de raiz (D, g), submetida aos bioestimulantes e diferentes potenciais osmóticos. Representados apenas pela curva de regressão quadrática, pois os tratamentos não demonstraram diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fonte: A autora.



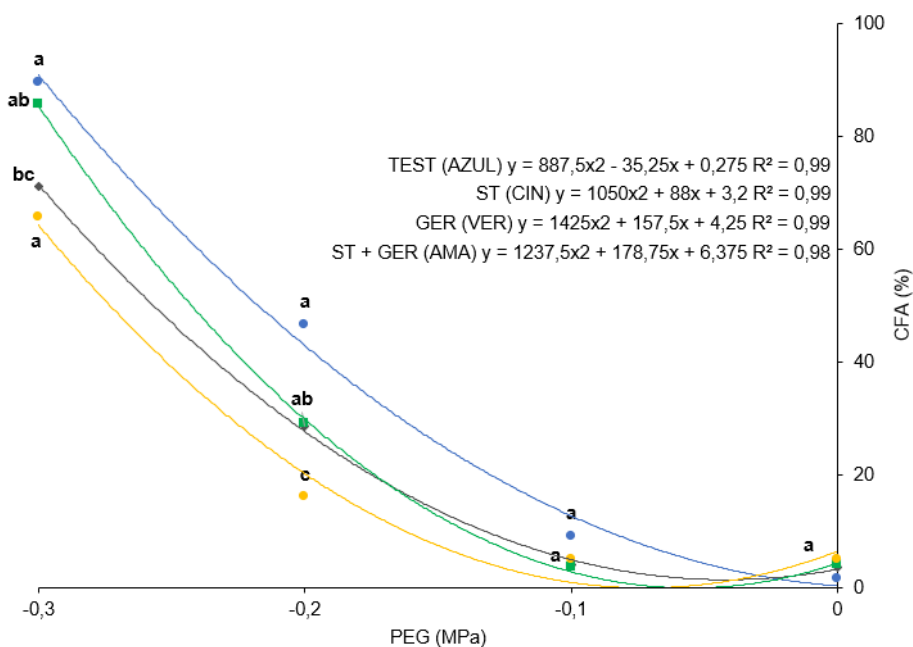
**Figura 2.** Índice de velocidade de germinação de plântulas normais para cada tratamento de sementes em relação ao potencial osmótico (PEG). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre bioestimulantes. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão quadráticas: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



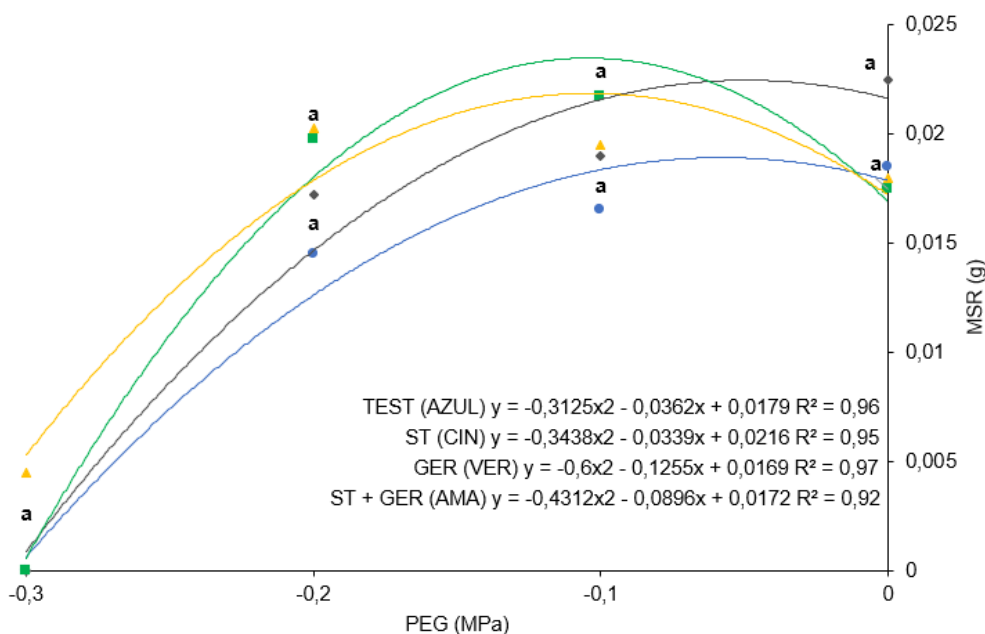
**Figura 3.** Primeira contagem de germinação para cada tratamento, expresso em porcentagem. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre bioestimulantes. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão quadráticas: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



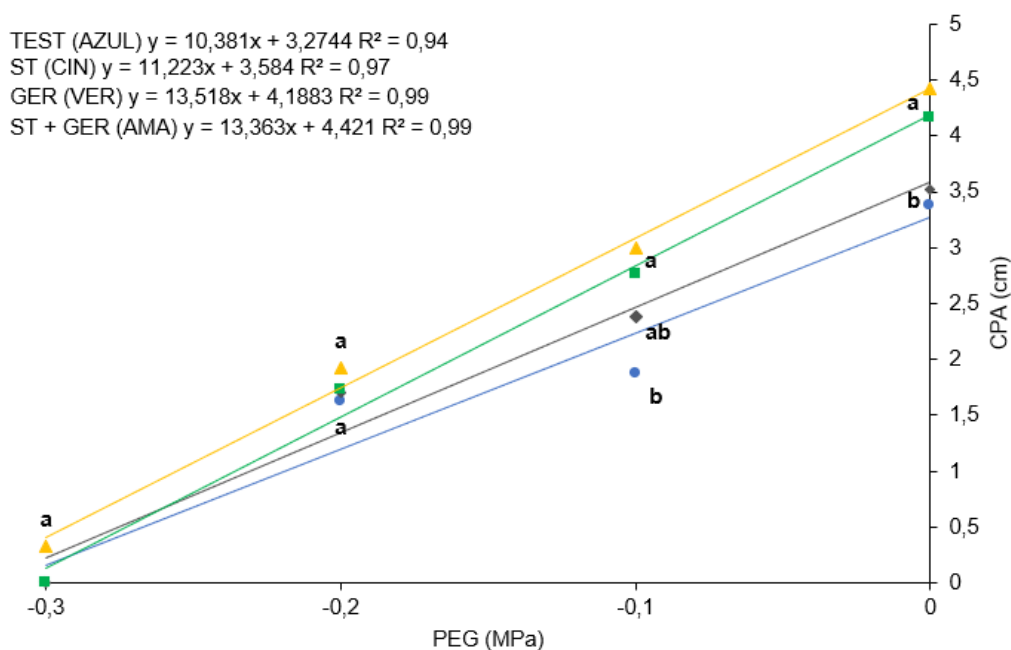
**Figura 4.** Germinação final. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre bioestimulantes. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão quadráticas: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



**Figura 5.** Contagem final de plântulas anormais. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre cultivares. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão quadráticas: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



**Figura 6.** Massa seca da raiz. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre bioestimulantes. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão quadráticas: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



**Figura 7.** Comprimento de parte aérea das plântulas. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferença entre bioestimulantes. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os tratamentos estão representados no gráfico pelas respectivas curvas de regressão lineares: Azul (Testemunha); cinza (Stimulate); verde (Germinate); amarelo (Stimulate + Germinate). Fonte: A autora.



Nos tratamentos realizados com o potencial osmótico de  $-0,2$  MPa, foi observado que a combinação de Stimulate® + Germinate® apresentou o melhor desempenho em relação às demais condições de estresse hídrico. O Índice de Velocidade de Germinação (Figura 2) foi significativamente maior, demonstrando uma capacidade superior de adaptação ao estresse hídrico moderado ( $-0,2$  MPa). O tratamento combinado se destacou não apenas em comparação com a testemunha, que teve um desempenho inferior, mas também em relação aos tratamentos isolados com Stimulate® e Germinate®, que, embora tenham mostrado melhora em relação à testemunha, não alcançaram o mesmo nível de eficácia.

Esse resultado reforça a hipótese de que a combinação de bioestimulantes pode promover uma relação sinérgica, melhorando a resposta das plantas em ambientes moderadamente adversos. De acordo com Santos *et al.* (2013), a aplicação de Stimulate® em sementes de girassol também resultou em aumento da germinação e na redução de plântulas anormais, um comportamento que foi igualmente observado no trigo mourisco neste estudo.

Além disso, germinação final (Figura 4) manteve-se elevada com o tratamento combinado, superando 80% mesmo em condições de estresse moderado, enquanto a testemunha apresentou menos de 60% de germinação. Esses dados indicam que o uso de bioestimulantes pode mitigar de maneira eficaz os impactos negativos do déficit hídrico moderado, um resultado corroborado por Carvalho *et al.* (2013), que observaram efeitos semelhantes na cultura do feijão.

No entanto, em níveis mais severos de estresse hídrico ( $-0,3$  MPa), o efeito dos bioestimulantes foi reduzido, destacando os limites da capacidade da planta em lidar com situações extremas de déficit hídrico, mesmo com a aplicação de bioestimulantes. A análise de regressão demonstrou que, embora os bioestimulantes tenham contribuído para a melhoria de alguns parâmetros, os efeitos foram mais evidentes em condições de estresse moderado.

A utilização de bioestimulantes como uma ferramenta para melhorar a germinação e o desenvolvimento inicial de trigo mourisco é promissora, principalmente em cenários de déficit hídrico moderado.

Esses resultados são importantes para o manejo de culturas em regiões sujeitas à seca, oferecendo alternativas para melhorar o estabelecimento das plantas e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Estudos futuros poderão focar em outras



concentrações de bioestimulantes, além de testar essa estratégia em condições de campo, para validar sua eficácia em larga escala.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados, fica evidente que o tratamento combinado de Stimulate® e Germinate® é mais eficaz em condições de estresse hídrico moderado, mas perde parte de sua eficácia em potenciais osmóticos mais baixos. Estes dados reforçam a necessidade de estudos adicionais para entender melhor as limitações dos bioestimulantes sob condições extremas de déficit hídrico e explorar formas de potencializar sua eficácia.

## REFERÊNCIAS

ANUNCIÇÃO, A. R. P. *et al.* **Efeitos de bioestimulantes sobre a germinação de sementes de soja submetidas ao envelhecimento e sobre o desenvolvimento inicial da planta daninha *Ipomoea grandifolia*.** Disponível em: <<http://www.eaic.uem.br/eaic2021/anais/artigos/4845.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2024.

BASTIANI, G. G. **Toxidez por cobre e zinco na germinação de sementes e no desenvolvimento de trigo mourisco.** UFSM, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23555>>. Acesso em: 12 jul. 2024.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA, 2009. 395 p.

CARVALHO, T. C. DE *et al.* **Influência de bioestimulantes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Phaseolus vulgaris* sob restrição hídrica.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 36, n. 2, p. 199–205, 1 abr. 2013. Acesso em: 19 nov. 2024.

HENRIQUE, I. F. *et al.* **Efeitos de produtos usados no tratamento de sementes de soja na planta daninha *Euphorbia heterophylla* (Linn).** Disponível em: <<http://www.eaic.uem.br/eaic2022/anais/artigos/5962.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2024.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas.** In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes.* Londrina: ABRATES, 2020. p. 79-140.

LUDWIG J E *et al.* **Respostas fisiológicas em sementes e plântulas de canola tratadas com tiametoxam e submetidas a estresse salino.** *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 16, n. 3, p. 1–12, 30 set. 2023. Acesso em: 19 nov. 2024.

MEDEIROS, B. P. ***Estresse hídrico simulado por polietileno glicol 6000: um estudo***



**sobre os efeitos em plantas de tomate, *Herbaspirillum seropedicae* e o potencial da inoculação na resistência ao estresse.** Campos dos Goytacazes: UENF, 2013. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/biociencias-biotecnologia/wp-content/uploads/sites/12/2020/12/DISSERTACAO-BRUNA-PINTOR.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2024.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas.** In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

NETO, J. J. DA S. *et al.* **Sementes: estudos tecnológicos.** 1. ed. IFS: Instituto Federal de Sergipe, 2014. v. 1. p. 13–34 Disponível em: <[https://www.ifs.edu.br/images/EDIFS/ebooks/2014/Sementes\\_Estudos\\_Tecnol](https://www.ifs.edu.br/images/EDIFS/ebooks/2014/Sementes_Estudos_Tecnol)>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SANTOS, C A C *et al.* **STIMULATE® NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES, EMERGÊNCIA E VIGOR DE PLÂNTULAS DE GIRASSOL.** *IFB*, v. 29, n. 2, p. 1–12, 2013.

TREADWELL, D. D.; HUANG, P. **Buckwheat: A Cool-Season Cover Crop for Florida Vegetable Systems.** *University of Florida*, v. 2008, n. 2, p. 1–7, 29 fev. 2008. Disponível em: <<https://journals.flvc.org/edis/article/view/117223>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

VAN OOSTEN, M. J. *et al.* **The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants.** Disponível em: <<https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0089-5>>. Acesso em: 18 nov. 2024.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. **Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da Temperatura.** *Embrapa*, 1991. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/106202>>. Acesso em: 27 jul. 2024.

VINICIUS, M. *et al.* **Trigo Mourisco, alternativa como segunda cultura de verão e para o outono no Sul do Brasil: uma revisão da cultura.** *Ciencia rural*, v. 54, n. 7, p. 4, 2024. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9582211>>. Acesso em: 19 nov. 2024.