

# Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhatai*

*Tolerance to water deficit in the germination of soybean seeds treated with Bacillus aryabhatai*

IGOR PEREIRA DE CASTRO E SILVA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: igorpces@unipam.edu.br

WELLINGTON FERRARI DA SILVA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: wellingtonferrari@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O uso adequado de doses de produtos à base de microrganismos benéficos pode mitigar o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de soja. Objetivou-se avaliar o efeito de doses crescentes de um produto à base de *Bacillus aryabhatai* em sementes de soja, durante a fase de germinação, em relação à tolerância ao déficit hídrico. O estudo foi desenvolvido no Laboratório e Núcleo de Pesquisa e Análise de Sementes do Centro Universitário de Patos de Minas, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a diferentes doses de um produto à base de *B. aryabhatai* no tratamento de sementes, sendo 0,0; 2,0; 4,0; 8,0 e 16,0 mLkg<sup>-1</sup> de semente. O estresse hídrico no teste de germinação foi induzido a partir de uma solução de água e cloreto de sódio. As avaliações de porcentagem de plântulas normais, anormais e de sementes mortas foram realizadas aos 5 e 8 dias após a implantação do teste. Além disso, determinou-se comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa de matéria fresca de parte aérea (MFPA), massa de matéria fresca de raiz (MFR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raiz (MSR). Aos 5 dias, a maior porcentagem de plântulas normais, em comparação ao controle, ocorreu nas doses 2,0; 4,0 e 8,0 mLkg<sup>-1</sup>, sendo que essas doses também resultaram em menor porcentagem de plântulas anormais comparadas à dose 0,0 mLkg<sup>-1</sup>. Aos 8 dias, verificou-se maior porcentagem de plântulas normais com uso da dose 8,0 mLkg<sup>-1</sup>. Maior CPA comparado ao controle foi obtido no tratamento correspondente à dose 2,0 mLkg<sup>-1</sup> do produto, sendo que esse resultado pode estar associado a melhorias na atividade hormonal vegetal na presença da bactéria. O CR, MFPA e MSPA não foram influenciados pelos tratamentos, enquanto as doses 2,0 e 4,0 mLkg<sup>-1</sup> resultaram em maior MFR comparado ao controle. Para MSR, o tratamento 0,0 mLkg<sup>-1</sup> apresentou resultado inferior aos demais tratamentos avaliados. Concluiu-se que as doses do produto à base de *B. aryabhatai* no tratamento de sementes influenciaram a germinação das sementes de soja sob condições de estresse hídrico, com maior porcentagem de germinação aos cinco dias com as doses 2,0; 4,0 e 8,0 mL kg<sup>-1</sup> e aos oito dias com a dosagem 8,0 mL kg<sup>-1</sup>. Além disso, a dose 2,0 e as doses 2,0 e 4,0 mL kg<sup>-1</sup> do produto resultaram em maior CPA e valores superiores de MFR, respectivamente, enquanto MSR foi positivamente influenciada pelo tratamento de sementes com *B. aryabhatai*, independentemente da dosagem aplicada.

**Palavras-chave:** estresse abiótico; *Glycine max*; microrganismos benéficos.

**Abstract:** The proper use of doses of products based on beneficial microorganisms can mitigate the effect of water stress on soybean seed germination. The objective was to evaluate the effect of increasing doses of a product based on *B. aryabhatai* on soybean seeds during the germination phase concerning water deficit tolerance. The study was conducted at the Laboratory and Seed Research and Analysis Center of the University Center of Patos de Minas, adopting a completely randomized design, with five treatments and four replications. The treatments corresponded to different doses of a *B. aryabhatai*-based product for seed treatment, namely 0.0; 2.0; 4.0; 8.0, and 16.0 mLkg<sup>-1</sup> of seed. Water stress in the germination test was induced using a solution of water and sodium chloride. Evaluations of the percentage of normal, abnormal seedlings, and dead seeds were performed at 5 and 8 days after the test was initiated. Additionally, root length (RL), shoot length (SL), fresh shoot mass (FSM), fresh root mass (FRM), shoot dry mass (SDM), and root dry mass (RDM) were determined. At 5 days, the highest percentage of normal seedlings, compared to the control, occurred at doses 2.0, 4.0, and 8.0 mLkg<sup>-1</sup>, and these doses also resulted in a lower percentage of abnormal seedlings compared to the 0.0 mLkg<sup>-1</sup> dose. At 8 days, the highest percentage of normal seedlings was observed with the use of the 8.0 mLkg<sup>-1</sup> dose. A higher SL compared to the control was obtained in the treatment corresponding to the 2.0 mLkg<sup>-1</sup> dose of the product, and this result may be associated with improvements in plant hormonal activity in the presence of the bacterium. RL, FSM, and SDM were not influenced by the treatments, while the 2.0 and 4.0 mLkg<sup>-1</sup> doses resulted in higher FRM compared to the control. For RDM, the 0.0 mLkg<sup>-1</sup> treatment showed inferior results compared to the other evaluated treatments. It was concluded that the doses of the *B. aryabhatai*-based product for seed treatment influenced soybean seed germination under water stress conditions, with a higher germination percentage at five days with doses of 2.0, 4.0, and 8.0 mL kg<sup>-1</sup> and at eight days with the 8.0 mL kg<sup>-1</sup> dosage. Additionally, the 2.0 mL kg<sup>-1</sup> dose and the 2.0 and 4.0 mL kg<sup>-1</sup> doses of the product resulted in higher SL and higher values of FRM, respectively, while RDM was positively influenced by seed treatment with *B. aryabhatai*, regardless of the applied dosage.

**Keywords:** abiotic stress; *Glycine max*; beneficial microorganisms.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie originária do continente asiático, que tem sido amplamente cultivada mundialmente visando à utilização como fonte de óleo, proteína e energia (ZHANG *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2021). Além disso, a soja é a *commodity* de maior importância no Brasil e ocupa uma área cultivada de, aproximadamente, 36 milhões de hectares, sendo um produto de grande relevância socioeconômica no país (CATTELAN; DALL' AGNOL, 2018; TAVARES *et al.*, 2022).

Estimativas preveem a produção de 152,9 milhões de toneladas de grãos de soja para a safra 2022/23, o que representa um incremento de 21,8% em comparação à safra anterior. Para esse período, a produtividade média estimada é de 3,528 toneladas por hectare, e a área cultivada corresponderá a cerca de 43.334,1 mil hectares (CONAB, 2023).

No Brasil, entre os aspectos que interferem na produção dessa cultura, sobretudo no Centro-Oeste, está disponibilidade hídrica, sendo que tanto o excesso quanto a escassez de chuvas durante a estação de cultivo podem ser prejudiciais ao pleno desenvolvimento da cultura (CATTELAN; DALL' AGNOL, 2018). Nesse contexto, Lopes e Guilherme (2016) afirmam que a seca é um dos principais fatores responsáveis por perdas na qualidade dos grãos e no rendimento final dessa cultura. Essas perdas,

muitas vezes, estão relacionadas ao efeito da redução da disponibilidade de água na fisiologia da planta, visto que a estiagem prolongada pode ocasionar decréscimos na taxa fotossintética.

É relevante destacar que os danos decorrentes do estresse hídrico durante o desenvolvimento da cultura, que incluem o processo germinativo, o crescimento e a reprodução vegetal, podem ser irreversíveis. Na fase de germinação, o estresse hídrico pode resultar em prejuízos no estabelecimento da cultura no campo ao comprometer a uniformidade e a velocidade de germinação, bem como a porcentagem das sementes germinadas. O estresse hídrico nas fases de subsequente crescimento vegetativo possui efeito mais pronunciado sobre a fotossíntese, com consequente impacto negativo sobre a produtividade vegetal (MARCOS FILHO, 2015; OLIVEIRA, 2019; CAMPOS *et al.*, 2021).

Frente a essa realidade, uma alternativa para mitigação dos efeitos advindos do estresse hídrico na agricultura é o uso de microrganismos como bactérias promotoras de crescimento vegetal (VURUKONDA *et al.*, 2016). Entre esses microrganismos, destacam-se as bactérias do gênero *Bacillus*, as quais estabelecem relações simbióticas com as plantas que favorecem os processos fisiológicos dos vegetais. Apresentam também distribuição cosmopolita e podem sobreviver em ambientes diversos, até mesmo sob condições extremas de temperatura e escassez hídrica (QIN *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2014).

A cepa bacteriana CMAA 1363 de *Bacillus aryabhatai*, isolada da região rizosférica da espécie cactácea *Cereus jamacaru*, confere tolerância à deficiência hídrica no milho (KAVAMURA *et al.*, 2017). Além disso, foi relatado que *B. aryabhatai* é um microrganismo benéfico capaz de incrementar a biomassa radicular na cultura do milho e em genótipos de cana-de-açúcar (SANTOS *et al.*, 2017). Estudos sobre o uso dessa bactéria para tolerância da soja ao estresse hídrico são incipientes, mas essa tecnologia pode ser uma alternativa promissora na sojicultura brasileira, o que justifica o presente trabalho.

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar o efeito de doses crescentes de um produto à base de *Bacillus aryabhatai* em sementes de soja, durante a fase de germinação, em relação à tolerância ao déficit hídrico.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório e Núcleo de Pesquisa e Análise de Sementes do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), durante o primeiro semestre de 2023. Adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições por tratamento, totalizando-se 20 parcelas experimentais. Para efeito da repetição, utilizou-se um rolo de papel *germitest* contendo 50 sementes de soja.

Os tratamentos consistiram em doses crescentes de um produto à base de *Bacillus aryabhatai* com a concentração de  $1 \times 10^8$  UFC (unidades formadas de colônia) por mL. Foram avaliados cinco tratamentos, com doses variando entre 0,0 e 16,0 mL (Tabela 1).

**Tabela 1:** Doses de produto à base de *Bacillus aryabhatai* usadas no tratamento de sementes de soja. Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, Minas Gerais, 2023

Tratamentos	Dose do produto (mLkg <sup>-1</sup> de semente)
Tratamento 1	0,0
Tratamento 2	2,0
Tratamento 3	4,0
Tratamento 4	8,0
Tratamento 5	16,0

Sementes de soja cultivar TMG 237 IPRO foram tratadas com o produto à base de *Bacillus aryabhatai* nas respectivas doses por tratamento. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos, e o produto foi adicionado à superfície destas. Posteriormente, realizou-se a homogeneização manual por aproximadamente dois minutos, até a completa cobertura dessa estrutura biológica com a semente.

O teste de germinação foi implantado conforme metodologia descrita na Regras para Análise de Sementes (RAS), com modificações para indução do estresse por déficit hídrico. Inicialmente, procedeu-se à pesagem das folhas de papel *germitest* a serem usadas e esterilizadas. A partir da massa total obtida, em gramas, determinou-se o volume de água destilada para completo umedecimento das folhas de papel, adotando-se volume de água igual a 2,5 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009).

Definido o volume de água, foi preparada uma solução salina a partir da adição e homogeneização de cloreto de sódio (NaCl) na água. A solução final apresentou potencial osmótico -0,60 Mpa e foi empregada no umedecimento do papel *germitest* (PEREIRA *et al.*, 2014).

Rolos de papel *germitest* foram confeccionados depositando-se 50 sementes de soja sobre duas folhas de papel umedecido com solução salina. Em seguida, uma folha de papel umedecido com a solução mencionada foi distribuída acima das sementes, seguida da confecção manual dos rolos de papel, os quais foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados. Posteriormente, o material foi acondicionado e mantido em germinador, a 25°C, durante sete dias corridos (BRASIL, 2009).

Um segundo teste de germinação foi realizado com dez sementes de soja por rolo de papel *germitest* a fim de determinar o comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa de matéria fresca de parte aérea (MFPA), massa de matéria fresca de raiz (MFR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca de raiz (MSR). Também foram adotadas quatro repetições por tratamento, conforme mencionado anteriormente.

Aos cinco e oito dias após a implantação do experimento, determinou-se a porcentagem de germinação (%) em cada uma das repetições. Nessa etapa, a contagem do número total de plântulas normais e anormais oriundas das sementes de soja foi realizada. O cálculo da porcentagem de germinação foi realizado a partir da fórmula:  $G = (N/A) \times 100$ , sendo G a germinação em porcentagem, N o número total de sementes que originaram plântulas normais e A o número total de sementes submetidas ao teste de germinação. Além disso, procedeu-se à contagem do número de sementes mortas conforme preconizado pela Regras para Análise de Sementes (CETNARSKI FILHO; CARVALHO, 2009).

Em seguida, as sementes de soja germinadas foram submetidas à determinação do CPA e CR, utilizando-se uma régua graduada ou milimetrada. Após esse procedimento, foram determinadas MFPA, MFR, MSPA e MSR. Para tal, inicialmente, a parte aérea e a radícula foram separadas com auxílio de um bisturi, e a massa fresca, em gramas, de ambas as estruturas, foi mensurada em balança de precisão. Para determinação da massa de matéria seca, essas estruturas vegetativas foram mantidas em sacos de papel e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até a obtenção de valores constantes de massa. A massa seca foi obtida por meio da mensuração em balança de precisão, em gramas (MELO *et al.*, 2012).

Os dados resultantes das avaliações foram tabulados e, posteriormente, analisados estatisticamente no *software* SISVAR® (FERREIRA, 2014). As médias foram submetidas à análise de variância e ao teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação de sementes aos cinco dias após a implantação do ensaio experimental variou entre 82,5 e 92,0% de plântulas normais. Para plântulas anormais, os resultados variaram entre 8,0 e 17,5%, a depender do tratamento de sementes utilizado. O tratamento de sementes de soja com as doses 2,0; 4,0 e 8,0 mLkg<sup>-1</sup> do produto à base de *B. aryabhattai* resultou em maior porcentagem de germinação, comparado ao tratamento controle (0,0 mLkg<sup>-1</sup>). A maior dose do produto estudada (16,0 mLkg<sup>-1</sup>) não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos para essa variável. Constatou-se ainda que as doses 2,0; 4,0 e 8,0 mLkg<sup>-1</sup> apresentaram menor porcentagem de plântulas anormais comparadas à dose 0,0 mLkg<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2:** Porcentagem de germinação de sementes de soja tratadas com doses de produto à base de *Bacillus aryabhattai* e submetidas ao estresse hídrico induzido por cloreto de sódio, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, Minas Gerais, 2023

Dose do produto (mLkg <sup>-1</sup> de semente)	Germinação aos 5 dias		Germinação aos 8 dias		
	Normais	Anormais	Normais	Anormais	Mortas
			(%)		
0,0	82,5 b	17,5 b	81,50 b	11,00 bc	7,50 a
2,0	89,5 a	10,5 a	90,50 ab	4,00 a	5,50 a
4,0	89,5 a	10,5 a	88,50 ab	6,50 ab	5,00 a
8,0	92,0 a	8,0 a	91,50 a	3,50 a	5,00 a
16,0	86,5 ab	13,5 ab	83,00 ab	11,50 c	5,50 a
<b>D.M.S.</b>	<b>3,43</b>	<b>3,43</b>	<b>4,65</b>	<b>2,47</b>	<b>3,83</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>3,57</b>	<b>26,18</b>	<b>4,89</b>	<b>31,04</b>	<b>61,61</b>

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Quanto à germinação das sementes de soja aos oito dias após a implantação do experimento, constatou-se porcentagem de germinação superior no tratamento correspondente à dose de 8,0 mLkg<sup>-1</sup> de sementes do produto, o qual resultou em 91,50% de germinação, um acréscimo de 10% comparado ao controle, isento do tratamento de

sementes com o produto. O tratamento de sementes com 4,0 e 8,0 mLkg<sup>-1</sup> do produto resultou em menor porcentagem de plântulas anormais comparado ao controle e à dose 16,0 mLkg<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Os resultados obtidos concordam com Sousa *et al.* (2023), os quais afirmam que diversas culturas podem ser beneficiadas pelo uso dessa bactéria. Além disso, segundo os autores, a mitigação do estresse hídrico por *B. aryabhatai* está associada a melhorias na atividade de hormônios vegetais, tais como citocininas, giberelinas, auxinas e ácido abscísico. Outros trabalhos sugerem que a maior germinação das sementes de soja tratadas com o produto pode estar associada à melhor atividade hormonal, visto que os hormônios influenciam diretamente os processos envolvidos na germinação e desenvolvimento das plantas (BRENNECKE *et al.*, 2023; PAIXÃO *et al.*, 2021).

Além disso, cabe mencionar que a maior porcentagem de plântulas normais no tratamento com 8,0 mLkg<sup>-1</sup> do produto pode estar relacionada ao incremento no teor de prolina e à maior estabilização da membrana, o que reduz a perda de eletrólitos pelas células vegetais, conforme observado por Abiala e Sahoo (2022) que relataram também a relevância de ambos os fatores sobre os benefícios da inoculação de *B. aryabhatai* em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse induzido por NaCl.

Notou-se ainda que a dose 16,0 mLkg<sup>-1</sup> resultou em maior porcentagem de plântulas anormais comparada ao emprego das demais doses no tratamento de sementes, e essa dosagem foi estatisticamente igual ao tratamento controle. No que tange à porcentagem de sementes mortas, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2). Um aspecto importante a ser considerado é que, possivelmente, a variável sementes mortas foi pouco influenciada pelos tratamentos avaliados, visto que a ausência de germinação dessas sementes, de acordo com a legislação vigente, pode estar associada ao amolecimento e à incidência de fitopatógenos, conforme Brasil (2009). Além disso, Cicero e Bamzatto Junior, (2003) e Silva, (2018) mencionam que sementes mortas podem resultar de danos no endosperma presentes no lote antes mesmo da submissão dessas estruturas biológicas ao estresse hídrico induzido.

Conforme apresentado na Tabela 3, o uso da dose 2,0 mLkg<sup>-1</sup> no tratamento de sementes de soja contribuiu para maior CPA comparado ao controle e não diferiu estatisticamente das doses 4,0 e 8,0 mLkg<sup>-1</sup>. Assim como observado no presente estudo, a inoculação de *B. aryabhatai* no tratamento de sementes de trigo também resultou em maior crescimento vegetal sob condições de estresse induzido por NaCl, em estudo realizado por Farahat *et al.* (2020). Nesse estudo, os autores verificaram que plantas inoculadas com esse microrganismo apresentaram incremento da ordem de 57,4% no CPA.

**Tabela 3:** Efeito do tratamento de sementes de soja com doses de produto à base de *Bacillus aryabhatai* sobre o desenvolvimento inicial de plântulas germinadas sob condição de estresse hídrico, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, Minas Gerais, 2023

Dose do produto (mL/kg de semente)	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	(cm)		(g)			
0,0	1,89 b	7,41 a	3,74 a	0,39 b	1,05 a	0,03 b
2,0	2,86 a	11,51 a	3,94 a	0,91 a	0,97 a	0,06 a
4,0	2,25 ab	9,19 a	3,87 a	0,81 a	1,04 a	0,07 a
8,0	2,27 ab	7,95 a	4,10 a	0,62 ab	1,09 a	0,06 a
16,0	2,03 b	6,33 a	3,93 a	0,66 ab	1,08 a	0,07 a
<b>D.M.S.</b>	<b>0,80</b>	<b>6,26</b>	<b>0,627</b>	<b>0,36</b>	<b>0,13</b>	<b>0,03</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>16,09</b>	<b>33,81</b>	<b>7,33</b>	<b>24,37</b>	<b>5,48</b>	<b>25,42</b>

\* D.M.S. - Diferença Mínima Significativa. C.V. (%) - Coeficiente de variação. CPA - Comprimento de parte aérea. CR - Comprimento de raiz. MFPA - Massa fresca de parte aérea. MFR - Massa fresca de raiz. MSPA - Massa seca de parte aérea. MSR - Massa seca de raiz.

\*\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Dentre os fatores que podem ter contribuído para os resultados observados no presente estudo, destaca-se a ACC deaminase dessa espécie de bactéria. Na literatura científica, há evidências de que essa enzima possui papel importante na indução de tolerância vegetal aos estresses abióticos, bem como a atenuação dos efeitos deletérios decorrentes desses (FARAHAT *et al.*, 2020). Além disso, o tratamento de sementes com *B. aryabhatai* pode ter influenciado a atividade hormonal das plântulas de soja, visto que os hormônios vegetais, com destaque para a giberelina, podem ativar o processo germinativo e promover o alongamento radicular devido ao incremento da divisão e alongação das células, o que influencia o comprimento total da plântula recém germinada (COSTA, 2022; SOUSA, 2023).

Para o CR, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, o que também foi observado para MFPA e MSPA. Contudo, a variável MFR foi influenciada pela aplicação do produto, com destaque para as doses 2,0 e 4,0 mLkg<sup>-1</sup>, as quais contribuíram para maiores valores de massa comparadas à dose controle. Observou-se ainda que o uso do produto nas diferentes dosagens contribuiu para maior MSR comparado à não aplicação do produto.

De acordo com Park *et al.* (2017), *B. aryabhatai* isolado da rizosfera de plantas de soja foi comprovadamente promotor de crescimento nessa cultura tanto em condições ótimas de desenvolvimento quanto em condições de estresse. Logo, os maiores valores de MFR e MSR nos tratamentos referentes à aplicação do produto à base dessa espécie bacteriana podem ter decorrido da maior promoção de crescimento do sistema radicular.

#### 4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que as doses do produto à base de *B. aryabhatai* no tratamento de sementes influenciaram a germinação das sementes de soja sob condições de estresse hídrico, com maior porcentagem de germinação aos cinco dias com as doses 2,0; 4,0 e 8,0 mL kg<sup>-1</sup> e aos oito dias com a dosagem 8,0 mL kg<sup>-1</sup>. Além disso, a dose 2,0 e as doses 2,0 e 4,0 mL do produto resultaram em maior comprimento de parte aérea e valores

superiores de massa fresca de raiz, respectivamente, enquanto a massa seca de raiz foi positivamente influenciada pelo tratamento de sementes com *B. aryabhatai*, independentemente da dosagem aplicada.

## REFERÊNCIAS

ABIALA, M. A.; SAHOO, A. *Bacillus aryabhatai* enhanced proline content, stabilized membrane and improved growth of cowpea under NaCl-induced salinity stress. **Journal of Applied Microbiology**, [S. l.], v. 133, n. 3, p. 1520-1533, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRENNECKE, K. *et al.* Germinação de sementes de *Urochloa* híbrida cv. Mulato II sob diferentes doses de bioestimulante. **VIDA: Exatas e Ciências da Terra**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 119-126, 2023.

CAMPOS, A. J. M. *et al.* Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 15, p. e311101523155-e311101523155, 2021.

CATTELAN, A. J., DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds Fats Crops Lipids**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. D102, 2018.

CETNARSKI FILHO, R.; CARVALHO, R. I. N. de. Massa da amostra, substrato e temperatura para teste de germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 257-265, 2009.

CICERO, S. M.; BANZATTO JUNIOR, H. L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 29-36, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2023.

COSTA, A. A. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 82, p. e233547, 2022.

FARAHAT, M. G. *et al.* Alleviation of salinity stress in wheat by ACC deaminase-producing *Bacillus aryabhatai* EWR29 with multifarious plant growth-promoting attributes. **Plant Archives**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 417-429, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.



KAVAMURA, V. N. *et al.* Draft genome sequence of plant growth-promoting drought-tolerant *Bacillus* sp. strain CMAA 1363 isolated from the Brazilian caatinga biome. **Genome Announcements**, [S. l.], v. 5, n. 5, p. e01534-16, 2017.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado region of Brazil. **Advances in Agronomy**, [S. l.], v. 137, p. 01-72, 2016.

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

MELO, A.V. *et al.* Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 687-695, 2012.

OLIVEIRA, R. **Pré-tratamento com peróxido de hidrogênio em sementes de soja induz tolerância ao estresse por déficit hídrico**. 2019, 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2019.

PAIXÃO, M. V. S. *et al.* Ácido giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

PARK, Y. G. *et al.* *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS One**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017.

PEREIRA, L. F. *et al.* Alterações fisiológicas de soja cultivada com remineralizador de solo no Cerrado sob regimes hídricos variáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 56, p. 01455, 2021.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 687-696, 2014.

QIN, Y. *et al.* Complete genome sequence of *Bacillus amyloliquefaciens* L-H15, a plant growth promotion rhizobacteria isolated from cucumber seedling substrate. **Journal of Biotechnology**, [S. l.], v. 200, p. 59-60, 2015.

SANTOS, M. de S. dos. *et al.* Resistance to water deficit during the formation of sugarcane seedlings mediated by interaction with *Bacillus* sp. **Científica**, Londrina, v. 45, n. 4, p. 414-421, 2017.

SILVA, F. H. R. **Análise dos danos em sementes de barbatimão através de imagens radiográficas**. 2018, 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SOUSA, A. *et al.* Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes e na produção de biomassa inicial em *Virola surinamensis* (rol.) warb. (Myristicaceae). **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 10, p. e7639109069, 2020.

SOUSA, H. *et al.* *Bacillus aryabhatai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system. **Agriculture**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.

TAVARES, C. J. *et al.* Water stress alters morphophysiological, grain quality and vegetation indices of soybean cultivars. **Plants**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 559, 2022.

VURUKONDA, S. S. K. P. *et al.* Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, [S. l.], v. 184, p. 13-24, 2016.

ZHANG, L. *et al.* Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean. **Journal of Integrative Agriculture**, [S. l.], v. 19, p. 295-310, 2020.

ZHANG, R. *et al.* Contribution of indole-3-acetic acid in the plant growth promotion by the rhizospheric strain *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9. **Biology and Fertility of Soils**, [S. l.], v. 51, p. 321-330, 2014.