

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA LAURA TELES DORÇA

MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO (*Zea mays* L.) POR
MICRORGANISMOS

Monte Carmelo
2026

ANA LAURA TELES DORÇA

MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO (*Zea mays* L.) POR
MICRORGANISMOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia da
Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Prof. Dr Gilberto de
Oliveira Mendes

Monte Carmelo
2026

ANA LAURA TELES DORÇA

MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO (*Zea mays* L.) POR
MICRORGANISMOS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 02 de fevereiro de 2026

Banca Examinadora

Prof. Dr Gilberto de Oliveira Mendes
Orientador (a)

Prof. Dr Bruno Sérgio Vieira
Membro da Banca

Juliana Fonseca Alves
Membro da Banca

Monte Carmelo
2026

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 JUSTIFICATIVA	7
3 OBJETIVO(S)	8
4 REVISÃO DE LITERATURA	8
5 MATERIAL E MÉTODOS	10
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
7 CONCLUSÕES	15
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

RESUMO

O estresse hídrico é um dos principais fatores que limitam o crescimento e a produtividade das plantas, especialmente em espécies de grande importância econômica, como o milho (*Zea mays* L.). O solo em situação de déficit hídrico compromete processos fisiológicos essenciais, afetando diretamente o desenvolvimento vegetal. Nesse contexto, o uso de microrganismos tem sido estudado como uma alternativa sustentável para mitigar os efeitos do déficit hídrico. O experimento foi conduzido em câmara de crescimento climatizada, utilizando delineamento inteiramente casualizado, composto por 20 tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados tratamentos com diferentes condições de irrigação e inoculação, sendo as variáveis avaliadas massa fresca de raiz, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz. Os resultados demonstraram que alguns isolados apresentaram médias superiores em determinadas variáveis, com destaque para os isolados GEH192, GEH068 e GEH068, indicando o potencial desses microrganismos na mitigação no estresse hídrico. Esses resultados são importantes para o desenvolvimento de estratégias biológicas que contribuem para a sustentabilidade em um sistema de produção agrícola

Palavras-chave: seca, planta, inoculação e microbiota.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado uma maior ocorrência de períodos de seca em diferentes regiões do planeta, grande parte devido as mudanças climáticas com alta possibilidade de aumento na quantidade e intensidade desses eventos (GITZ et al., 2016). A seca é um dos desastres mais impactantes nos sistemas ambientais, uma vez que compromete diretamente a disponibilidade hídrica, afetando de forma significativa as atividades de produção agrícola e desenvolvimento das culturas (MERZ; ZACHARIAH, 2025).

A água é um componente extremamente importante para a sobrevivência, fazendo parte dos processos de trocas gasosas, fotossíntese, transporte de nutrientes entre outros, e a sua falta desencadeia um estresse que compromete o desenvolvimento das plantas em seus vários estádios principalmente na germinação e produção (CAMPOS et al., 2021). Nessas condições, a planta direciona sua energia para mecanismos de sobrevivência, como fechamento dos estômatos, redução de crescimento vegetativo, alterações no sistema radicular, ativação de sistemas antioxidantes e redução das atividades metabólicas (KHATUN et al., 2021).

Para a botânica, o estresse hídrico é definido como uma alteração nos padrões normais da vida da planta à resposta a falta de disponibilidade de água no solo. Em situações de déficit hídrico, a limitação da absorção de água e de nutrientes comprometem processos essenciais para o desenvolvimento da planta e em casos extremos de escassez causam prejuízos que podem levar a sua morte (MARENCO; LOPES, 2005).

O milho é considerado um dos cereais mais importantes do mundo, sendo essencial para a alimentação humana, animal e muito utilizado na indústria com o fornecimento de sua matéria prima (FERREIRA et al., 2024). Em regiões de clima seco ou períodos de estiagem, a absorção de água pelo sistema radicular do milho se torna inferior à taxa de transpiração da planta, resultando em desequilíbrio hídrico (SILVA, 2021). Nessas condições, a demanda de água exigida pela cultura não é suprida, tornando as lavouras de milho sensíveis ao estresse hídrico, comprometendo seu crescimento e sua produtividade (MAGALHÃES; SOUZA; ALBUQUERQUE, 2012).

É importante buscar meios de minimizar o impacto do déficit hídrico nas produções agrícolas, uma estratégia utilizada por muitos anos é a implantação de sistemas de irrigação. Mesmo sendo muito eficiente no fornecimento de água, os sistemas de irrigação demandam um alto investimento inicial para instalações dos equipamentos e disponibilidade de água com qualidade. Assim são de menor acessibilidade para agricultores de pequenas e médias propriedades, sendo esses uma grande parte responsável pela atividade agrícola no Brasil (POLANIA et al., 2016).

A busca por alternativas viáveis e sustentáveis que auxiliam na mitigação do estresse causado pelo déficit hídrico é de extrema importância para reduzir a preocupação com o cenário de baixa produtividade das plantas (KAVAMURA, 2012). Nesse contexto, opções que ajudam na adaptação fisiológica em condições de escassez de água têm ganhado destaque, principalmente se baseadas em processos naturais e de baixo impacto ambiental. O uso de mecanismos biológicos que atuam no solo é uma das alternativas promissoras, pois podem contribuir com o desenvolvimento e ajudar em uma maior tolerância das plantas ao estresse hídrico (LUCENA et al., 2019; SOUZA et al., 2020).

Entre as estratégias biológicas utilizadas destaca-se o uso de microrganismos associados às plantas, como bactérias promotoras de crescimento e fungos que atuam na rizosfera da planta formando uma relação simbiótica benéfica com as raízes (HUNGRIA et al., 2016). Esses microrganismos podem aumentar a área de absorção de água e nutrientes para a planta, promover crescimento e são essenciais para a saúde do solo e ecossistemas, fatores que contribuem para maior tolerância ao estresse hídrico (SANTOS et al., 2021).

2 JUSTIFICATIVA

A seca é uma grande preocupação no setor de produção agrícola, devido as mudanças climáticas, períodos de estiagem se tornam constantes e desafiam os produtores a procurar soluções para amenizar o impacto do déficit hídrico no desenvolvimento das plantas como no milho. Diante disso, uma alternativa promissora para esse problema é a utilização de microrganismos associados as culturas para auxiliarem na tolerância ao estresse hídrico.

3 OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de microrganismos inoculados a sementes de milho em promover tolerância a diferentes níveis de estresse hídrico.

4 REVISÃO DA LITERATURA

- **Mudanças climáticas**

A intensificação das mudanças climáticas nas últimas décadas tem provocado alterações significativas nos regimes de precipitação em diversas regiões do planeta, resultando no aumento da frequência, duração e intensidade dos períodos de seca e irregularidade hídrica. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o aquecimento global intensifica os processos de evaporação e reduz a disponibilidades de água no solo, ampliando os riscos de déficit hídrico (IPCC, 2021). Esses eventos extremos têm causado impactos expressivos nos sistemas ambientais, sociais e econômicos, especialmente na agricultura, que depende diretamente da disponibilidade hídrica para o desenvolvimento das culturas (Macedo et al., 2010).

- **Importância da água**

A água é um fator extremamente limitante no desenvolvimento das plantas, desempenha um papel fundamental no metabolismo, atuando como solvente, meio de transporte de nutrientes, reguladora térmica e participante direta das reações bioquímicas. É essencial a disponibilidade hídrica adequada para a manutenção da turgência celular, expansão dos tecidos e eficiência fotossintética (Taiz et al., 2017).

De acordo com Larcher (2006), a limitação hídrica interfere diretamente no balanço energético das plantas, reduz a assimilação de carbono e compromete o crescimento e desenvolvimento vegetal.

- **Déficit Hídrico**

O déficit hídrico tem sido considerado um dos principais fatores que de forma isolada ou combinada com outros fatores ambientais, limita a produtividade agrícola (Zarei, 2022). O déficit hídrico ocorre quando a demanda de evaporação supera a da capacidade de absorção de água pelas raízes, resultando na redução do potencial hídrico da planta. Essa condição caracteriza o estresse hídrico, que provoca consequências negativas à planta, consequentemente à produção agrícola (Farooq et al., 2009).

O estresse hídrico afeta diretamente a atividade metabólica das plantas, nessas condições passam a direcionar sua energia para mecanismos de sobrevivência, resultando em perdas significativas de rendimento (Blum et al., 2011).

- **Milho (*Zea mays L.*)**

O milho (*Zea mays L.*) é considerado um dos pilares da agricultura global, possui grande relevância tanto na nutrição humana e animal quanto no suprimento de insumos industriais. Seu desenvolvimento é muito sensível à oferta de água e o estresse hídrico compromete fases cruciais do crescimento da planta, floração e a formação de grãos, o que gera reduções severas na produção final da lavoura (Gonçalves et al., 2020).

Observa-se que o estresse hídrico em plantas como o milho reduz a viabilidade do pólen e compromete a fecundação, resultando em espigas mal-formadas e diminuição no número de grãos, assim afetando diretamente os componentes do rendimento do milho (Pandey et al., 2000).

- **Mitigação do estresse hídrico**

A ocorrência de longos períodos de escassez hídrica tem estimulado o desenvolvimento de diferentes estratégias agronômicas e fisiológicas com o objetivo de

reduzir os impactos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade das culturas, mitigar os efeitos da seca na agricultura exigem a combinação de práticas agrícolas adequadas, o uso de soluções alternativas e a gestão eficiente dos recursos naturais (Passioura, 2007). Alternativas como melhoramento genético, diferentes práticas de manejo como irrigação, reguladores de crescimento e adubações são amplamente estudadas e colocadas em prática para tentar mitigar o estresse hídrico. No entanto, apesar dos avanços obtidos essas estratégias nem sempre são suficientes para garantir elevados níveis de produtividade em ambientes com restrição hídrica e alternativas biológicas vêm sendo cada vez mais estudadas como ferramenta de complementação para a mitigação do estresse hídrico (Ojuederie; Babalola, 2017).

- **Microrganismos**

Os microrganismos desempenham muitas funções importantes no ecossistema. Em um ambiente com diversas associações como o solo os microrganismos também estão presentes fazendo parte dos ciclos biológicos e acabam tendo funções importantes como decomposição de resíduos orgânicos, solubilização de fósforo, entre outros (Hellenquin, 2021).

As associações microbianas são consideradas um sistema vivo, dinâmico, heterogêneo e em constante transformação, sendo um processo chave na composição do solo (Moreira e Siqueira, 2006). As raízes das plantas estão em constante contato com os microrganismos residentes no solo, os quais podem influenciar de forma benéfica a estrutura da planta (BAREA et al., 2005). O descobrimento desses microrganismos tolerantes despertou interesse de estudo para entender seus mecanismos de resistência e sua influência em plantas presentes no mesmo solo (RAMÍREZ et al., 2006).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento climatizada, com temperatura de 25 °C e iluminação artificial com fotoperíodo de 12 horas de luz. A irrigação

foi realizada uma vez ao dia com uma seringa dosadora. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 20 tratamentos e quatro repetições por tratamento. Cada parcela experimental foi composta por duas células, totalizando oito plantas por tratamento. As avaliações foram: 100% de irrigação sem inoculação (controle positivo), 0% de irrigação sem inoculação (controle negativo) e 0% de irrigação com inoculação, sendo avaliados 18 isolados fúngicos. Os isolados fúngicos utilizados neste estudo foram provenientes da coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal de Uberlândia e foram previamente isolados de amostras de solo coletadas na rizosfera de uma planta da família Poaceae em condições de estresse hídrico.

TABELA 1 – Tratamentos

Tratamentos	Descrição
OSF	Não irrigado e não inoculado
100SF	Irrigado e não inoculado
GEH003	Isolado
GEH027	Isolado
GEH049	Isolado
GEH066	Isolado
GEH068	Isolado
GEH070	Isolado
GEH077	Isolado
GEH136	Isolado
GEH140	Isolado
GEH192	Isolado
GEH202	Isolado
GEH203	Isolado
GEH241	Isolado
GEH267	Isolado
GEH268	Isolado
GEH280	Isolado
GEH354	Isolado
GEH386	Isolado

A condução do experimento foi realizada em bandejas de poliestireno com 2 células (9,3 cm x 8 cm), preenchidas com substrato comercial Carolina Soil. Foram semeadas duas sementes de milho por célula, de modo a garantir a permanência de uma planta por célula. Após a emergência das plântulas foi realizado o raleio das mudas, permanecendo apenas uma planta por célula.

Para a inoculação dos microrganismos, os isolados fúngicos foram repicados em placas de Petri contendo meio BDA (batata-dextrose-ágar) e incubados em câmara BOD a 25 °C, por um período de 5 a 10 dias, até completa colonização do meio. A suspensão de conídios foi obtida a partir das placas colonizadas, todas apresentavam estruturas visíveis, utilizando uma solução estéril de Tween 80 a 0,1% na proporção de uma placa para cada 50 mL de solução. A solução foi adicionada sobre a superfície da placa e os conídios foram removidos por raspagem com alça Drigalsky, sendo posteriormente transferidos para um frasco contendo o volume restante da solução. As placas foram previamente inoculadas em quatro a cinco pontos, com objetivo de acelerar o processo de crescimento e esporulação dos fungos. As sementes de milho foram imersas na suspensão de conídios por 3 minutos e em seguida transferidas para um papel filtro estéril para remoção do excesso de líquido, permanecendo em repouso por aproximadamente 30 minutos antes da semeadura.

Antes da semeadura, o substrato foi irrigado até ficar saturado para o escoamento do excesso de água pelo fundo das bandejas. Depois da semeadura, a irrigação foi realizada diariamente com aplicação de 5 mL de água por célula até o sétimo dia após germinação de todas as plântulas. Em seguida, a irrigação foi interrompida por nove dias para induzir o estresse hídrico nos tratamentos. Após esse período, o tratamento de 100% sem inoculação foi irrigado com 10 mL de água por célula diariamente e os demais tratamentos continuaram sem irrigação. As plantas foram mantidas nessas condições até o final do experimento.

As avaliações foram feitas 30 dias após a semeadura e as variáveis avaliadas foram: Massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

A análise estatística dos dados aplicou análise de variância seguida pela comparação das médias pelo teste LSD Fisher, ao nível de 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da massa fresca de raiz, o isolado GEH192 apresentou a maior média, em relação ao tratamento 0SF (não irrigado e não inoculado) e ao tratamento 100SF (irrigação ótima e não inoculado). Os isolados GEH068, GEH203, GEH049 e GEH268 também apresentaram resultados superiores ao tratamento 0SF, mostrando-se assim, potenciais microrganismos mitigadores de estresse hídrico (Tabela 2). Resultados semelhantes são observados por Silva et al. (2018) em que relatam crescimento radicular de plantas inoculadas com microrganismos benéficos.

Tabela 2. Massa Fresca de Raiz

Tratamentos	MFR	Agrupamento	
GEH192	2,457	A	
GEH068	1,625	A	B
GEH203	1,600	A	B
GEH049	1,569	A	B
GEH268	1,560	A	B
GEH066	1,444		B C
GEH136	1,357		B C
GEH140	1,274		B C
GEH027	1,078		B C
GEH077	1,074		B C
GEH354	1,060		B C
GEH267	0,971		B C
GEH241	0,892		B C
100SF	0,879		B C
GEH386	0,842		B C
GEH070	0,823		B C
GEH003	0,814		B C
GEH280	0,787		B C
GEH202	0,781		B C
0SF	0,502		C

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes (Fisher LSD, $p < 0.05$).

Para a variável massa seca de parte aérea, no isolado GEH066 foi observado resultado superior aos tratamentos 0SF e 100SF, enquanto o isolado GEH068 obteve média superior ao 0SF (Tabela 3). De forma semelhante, Moreira e Siqueira. (2006) verificaram que plantas associadas a microrganismos benéficos apresentaram maior acúmulo de massa seca da parte aérea e está associada ao acúmulo de nutrientes e ao incremento fisiológico ao longo do ciclo da planta, influenciando diretamente a capacidade produtiva da planta.

Tabela 3. Massa seca de parte aérea

Tratamentos	MSA	Agrupamento			
GEH066	0,4175	A			
GEH068	0,3875	A	B		
GEH192	0,3525	A	B	C	
GEH049	0,3288	A	B	C	
GEH136	0,3175	A	B	C	D
GEH386	0,3113	A	B	C	D
GEH027	0,3100	A	B	C	D
GEH140	0,3075		B	C	D
GEH203	0,2963		B	C	D
GEH268	0,2925		B	C	D
GEH280	0,2900		B	C	D
GEH354	0,2863		B	C	D
100SF	0,2863		B	C	D
GEH241	0,2700			C	D
GEH003	0,2575			C	D
GEH202	0,2550			C	D
GEH267	0,2538			C	D
0SF	0,2537			C	D
GEH077	0,2437			C	D
GEH070	0,2187				D

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes (Fisher LSD, $p < 0.05$).

A análise da massa seca de raiz mostrou que os isolados GEH066 e GEH068 foram superiores aos tratamentos 0SF e 100SF, enquanto os isolados GEH049, GEH192 E GEH203 apresentaram resultados superiores ao tratamento 0SF (Tabela 4). Resultados compatíveis foram descritos por Silva et al. (2023), que observaram uma maior biomassa radicular em plantas inoculadas com microrganismos o que indica maior capacidade de ancoragem, reserva e exploração do solo por raízes mais desenvolvidas, o que se entende de uma melhor absorção de recursos e tolerância ao estresse hídrico.

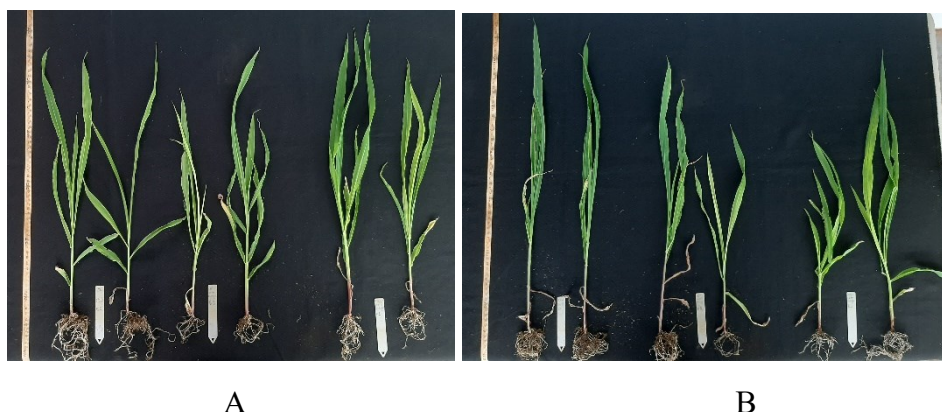
Tabela 4. Massa seca da raiz

Tratamentos	MSR	Agrupamento				
GEH066	0,5513	A				
GEH068	0,549	A				
GEH049	0,448	A	B			
GEH192	0,3875	A	B	C		
GEH203	0,3700	A	B	C	D	
GEH136	0,3325		B	C	D	E
GEH241	0,326		B	C	D	E
GEH268	0,3050		B	C	D	E
GEH027	0,296		B	C	D	E
GEH140	0,2388		B	C	D	E
100SF	0,232		B	C	D	E
GEH077	0,2087			C	D	E
GEH354	0,1962			C	D	E
GEH070	0,1800			C	D	E
GEH386	0,1788			C	D	E
GEH267	0,1688				D	E
GEH280	0,14375					E
GEH003	0,1362					E
0SF	0,1362					E
GEH202	0,1225					E

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes (Fisher LSD, $p < 0.05$).

A Figura 1 ilustra o crescimento das plantas de milho nos tratamentos irrigados e não irrigados inoculados com os isolados GEH192 e GEH068. Nota-se que as plantas inoculadas apresentaram crescimento superior ao controle não irrigado e crescimento igual ou superior ao controle irrigado, proporcionando evidências de potencial de mitigação do estresse hídrico.

Figura 1. Desenvolvimento de plantas de milho sob diferentes condições hídricas. (A) Tratamento com o isolado GEH192, comparado aos controles 0SF (não irrigado e não inoculado) e 100SF (irrigação ótima e não inoculado), respectivamente; (B) tratamento com o isolado GEH068, comparado aos mesmos controles 0SF e 100SF, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

7 CONCLUSÕES

Foi possível concluir com os resultados obtidos, que os tratamentos apresentaram diferenças entre si nas variáveis avaliadas. Destacaram-se os isolados GEH192, GEH066 e GEH068, cujas médias mostraram desempenho superior, indicando que esses microrganismos inoculados na semente podem ter efeito positivo no desenvolvimento das plantas e ajudar na mitigação do estresse hídrico em plantas como no milho. Destaca-se a importância da realização de novos estudos e testes, visando confirmar esses efeitos e, futuramente possibilitar o uso desses microrganismos como uma alternativa prática para produtores que enfrentam problemas relacionados ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- BAREA, J. M.; POZO, M. J.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Microbial co-operation in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 417, p. 1761–1778, 2005.
- BLUM, A. **Plant breeding for water-limited environments**. New York: Springer, 2011.
- CAMPOS, Anna Júlia de Moraes; SANTOS, Sarah Medeiros; FAGUNDES NACARATH, Inaia Rhavene Freire. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, e311101523155, 2021.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. **Massa da matéria seca da parte aérea e sua importância na produção de culturas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. (Série Documentos IAC, 84).
- FAROOQ, M. et al. Drought stress in maize: effects, resistance mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 2, p. 1-14, 2017.
- FERREIRA, J. C. C. et al. Respostas morfofisiológicas de plantas de milho (*Zea mays* L.) ao estresse hídrico. **Revista de Ciências Agrárias**, 2024. *(Nota: Verifique se o ano é 2024, pois para um TCC atual este artigo é muito recente ou ainda está no prelo).*
- GITZ, V.; MEYBECK, A.; LIPPER, L.; DE YOUNG, C.; BRAATZ, S. **Climate change and food security: risks and responses**. Rome: FAO, 2016.
- GONÇALVES, J. R. P. et al. Efeito do estresse hídrico no crescimento e na produção de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 401–407, 2020.
- HELLEQUIN, E. et al. Shaping of soil microbial communities by plants does not translate into specific legacy effects on organic carbon mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 163, p. 108444, 2021.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. **Microrganismos do solo e a sustentabilidade da agricultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.
- IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

- KAVAMURA, V. N. et al. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, v. 168, n. 4, p. 183–191, 2013.
- KHATUN, M. et al. Drought Stress in Grain Legumes: Effects, Tolerance Mechanisms and Management. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2374, 2021.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006.
- LUCENA, T. L. et al. Estratégias biológicas para mitigação do estresse hídrico em plantas cultivadas. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 45–56, 2019.
- MACEDO, M. J. H. et al. Secas e impactos socioeconômicos no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 2, p. 195–208, 2010.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. **Efeitos do estresse hídrico na produção de grãos e na fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Circular Técnica, 175).
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005.
- MERZ, N.; ZACHARIAH, M. Understanding droughts under climate change in South America based on severity-duration-frequency curves and drought atlases. **Climatic Change**, v. 178, n. 9, 2025. (*Atenção: Verifique o ano, pois 2025 ainda não ocorreu no momento da escrita deste TCC ou o artigo é de uma edição futura*).
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.
- OJUEDERIE, O. B.; BABALOLA, O. O. Microbial and plant-assisted strategies for crop improvement under drought stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 36, p. 1–15, 2017.
- OLIVEIRA, A. N. et al. Biomassa radicular e desenvolvimento de plantas inoculadas com microrganismos benéficos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 614–622, 2017.
- PANDEY, R. K. et al. Drought stress effects on maize. **Field Crops Research**, v. 66, n. 3, p. 221–235, 2000.
- PASSIOURA, J. B. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 113–117, 2007.

- POLANIA, J. et al. Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using ^{15}N natural abundance in grain. **European Journal of Agronomy**, v. 79, p. 66–73, 2016.
- RAMÍREZ, N.; SERRANO, J. A.; SANDOVAL, H. Microrganismos extremófilos: actinomicetos halofílicos no México. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 1, p. 1-10, 2006.
- SANTOS, M. S. et al. Microrganismos promotores de crescimento vegetal na mitigação do estresse hídrico em culturas agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e67854, 2021.
- SILVA, G. S. et al. Microrganismos promotores de crescimento no desenvolvimento das raízes de arroz de terras altas. **Revista Científica da UniMais**, v. 5, n. 1, 2023.
- SILVA, S. Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 136-150, 2021.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- ZAREI, T. Balancing water deficit stress with plant growth-promoting rhizobacteria: A case study in maize. **Rhizosphere**, v. 23, p. 100621, 2022.