

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – IF
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

BIANCA SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA INOCULAÇÃO COMBINADA DE
FUNGOS E BACTÉRIAS NA ATENUAÇÃO DOS DANOS DESENCADEADOS
PELA SECA EM PLANTAS DE SOJA**

**RIO VERDE - GO
2022**

BIANCA SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA INOCULAÇÃO COMBINADA DE
FUNGOS E BACTÉRIAS NA ATENUAÇÃO DOS DANOS DESENCADEADOS
PELA SECA EM PLANTAS DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina TCC, do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia goiano –campus Rio Verde – IFGoiano, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof.^a Dr.(a) Fernanda dos Santos Farnese

Coorientadora: Leticia Ferreira de Sousa

RIO VERDE - GO

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48a Oliveira, Bianca Santos
Avaliação do potencial da inoculação combinada de fungos e bactérias na atenuação dos danos desencadeados pela seca em plantas de soja / Bianca Santos Oliveira; orientadora Fernanda dos Santos Farnese Farnese; co-orientadora Leticia Ferreira de Sousa Sousa. -- Rio Verde, 2022.
27 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Déficit hídrico. 2. Microrganismos. 3. Soja. 4. Fisiologia vegetal. I. Farnese, Fernanda dos Santos Farnese, orient. II. Sousa, Leticia Ferreira de Sousa, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)

- Tese
- Dissertação
- Monografia - Especialização
- Artigo - Especialização
- TCC - Graduação
- Artigo Científico
- Capítulo de Livro
- Livro
- Trabalho Apresentado em Evento
- Produção técnica. Qual: _____

Nome Completo do Autor: Bianca Santos de Oliveira

Matrícula: 2018102230540070

Título do Trabalho: Avaliação do potencial da inoculação combinada de fungos e bactérias na atenuação dos danos desencadeados pela seca em plantas de soja

Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]

Documento confidencial: Não Sim, justifique: Estudo para desenvolvimento de uma nova formulação para indução de tolerância à seca em cultura de soja

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09/04/2025

O documento está sujeito a registro de patente? [] Sim [x] Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? [] Sim [x] Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 06 de abril de 2022.

Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Bianca Santos de Oliveira

Ciente e de acordo:

Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)

Fernanda dos Santos Farnese

Documento assinado eletronicamente por:

- **Bianca Santos de Oliveira 2018102230540070 - Discente**, em 09/04/2022 10: 44:05.
- **Fernanda dos Santos Farnese, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/04/2022 10:37:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 377091
Código de Autenticação: e44a9402f5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 22/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao quarto dia do mês de abril de 2022, às 08 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dra. Fernanda dos Santos Farnese (orientadora), D r. Lucas Loram Lourenço (membro) e Dra. Priscila Ferreira Batista (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado: “Avaliação do potencial da inoculação combinada de fungos e bactérias na atenuação dos danos desencadeados pela seca em plantas de soja.” apresentado pela estudante Bianca Santos de Oliveira, Matrícula nº 2018102230540070, do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do Trabalho de Curso, e em seguida, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da banca.

(Assinado Eletronicamente)

Fernanda dos Santos Farnese

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Priscila Ferreira Batista

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Loram Lourenço

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do projeto.

Documento assinado eletronicamente por:

- Priscila Ferreira Batista, 2021102310840182 - Discente, em 06/04/2022 16:08:29.
- Lucas Loram Lourenço, 2021202341360022 - Discente, em 06/04/2022 16:08:13.
- Fernanda dos Santos Farnese, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/04/2022 08:53:02.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 374570
Código de Autenticação: a35e9de3c1



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

Dedico este trabalho primeiramente à Deus e segundo à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, meu inspirador, mentor e dono de toda sabedoria, sem Ele eu não teria chegado até aqui, toda honra e toda glória seja dada ao meu bom Deus.

À Cristina Altina dos Santos, minha querida mãe que assim que nasci passamos por várias dificuldades, mas ela nunca me deixou de me apoiar.

Ao José de Oliveira, meu amado pai, meu companheiro, amigo, mesmo nas dificuldades nunca mediu esforços para me ajudar, que me incentivou a estudar e a ser melhor em tudo.

Aos meus irmãos Daniel e Felipe, meus caçulinhas, meus amigos, que amo e protejo, obrigada por me trazerem felicidade e pelo apoio.

Aos meus tios, avós e primos que sempre me motivaram e sempre me ajudaram quando mais precisei. À minha tia Gilda Suely Oliveira, que desde criança me teve como sua filha, me apoiou em toda trajetória de estudos, motivando e torcendo por cada batalha e vibrando a cada vitória. Em tudo esteve presente.

À família do meu namorado, que sempre me apoiou desde o início do nosso relacionamento e sempre me ajudaram nas orações. Ao meu querido e amado noivo Pedro Guerra, que sempre esteve do meu lado, nos piores e melhores momentos até o dia de hoje, sempre me apoiou e usou palavras de motivação, que acalentou meu coração e me deu forças para não desistir dos meus sonhos.

Às minhas amigas Emilly Carolina, Samara Ribeiro e Isabelly Cabassa, minhas companheiras, que vem me ajudando, motivando, me ensinando a ser forte cada dia mais e a não desistir dos meus propósitos.

À minha orientadora professora Dr^a Fernanda Farnese e a coorientadora Letícia Ferreira de Sousa, que me receberam com alegria e a me ajudaram no meu crescimento, pela disposição, pelos fins de semana e feriados tomados para me auxiliar e por todo carinho envolvido.

Sou grata ao Instituto Federal Goiano, por me dar a oportunidade de cursar Ciências Biológicas e dispor toda qualidade de ensino. Ao laboratório LEAF, que me recebeu e disponibilizou tudo que precisava até aqui, e também a todos colegas de laboratório que me ajudaram nas pesquisas e no andamento do projeto.

Gratidão a todos!

Porque para Deus nada é impossível.
(Lucas 1:37)

Um sonho que sonhado sozinho é apenas um sonho.
Um sonho sonhado juntos é realidade.

- Yoko Ono

RESUMO

SANTOS, BIANCA. **Avaliação do potencial da inoculação combinada de fungos e bactérias na atenuação dos danos desencadeados pela seca em plantas de soja.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas. Instituto Federal Goiano campus Rio Verde, Goiás. Rio Verde Goiás, 2022.

A soja está entre uma das leguminosas economicamente mais importantes que fornece alimentação para o ser humano e para os animais, no entanto, seu rendimento é baixo devido os períodos de seca que diminuem sua produtividade. A seca é um grande problema que ocorre em todo mundo, onde a indisponibilidade de água no solo afeta o desenvolvimento vegetal. Uma das primeiras reações à escassez de água consiste na diminuição das taxas transpiratórias, por meio do fechamento estomático, que conseqüentemente diminui a condutância estomática (g_s), o que reduz as taxas fotossintéticas. Essas disfunções fisiológicas causam impactos negativos no rendimento da cultura, com frequente perda da produtividade. Dessa forma, é de suma importância buscar métodos alternativos ecológicos, a fim de, mitigar os danos desencadeados pela escassez hídrica. Neste projeto, avaliamos a inoculação combinada de diferentes microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCV), pois estes possuem capacidade de mitigar os efeitos danosos causados pelo estresse de seca, aumentando a produtividade e biossintetizando nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Portanto, dentre vários MPCV, utilizamos cepas da bactéria *Bacillus subtilis* (BV02 e BV09) e o fungo *Trichoderma asperellum* (BV10), onde preparamos uma calda e homogeneizamos as sementes de soja que foram plantadas em solo devidamente adubado, com tratamentos: controle (CT), déficit hídrico (DH), DH + BV02+BV10 e DH + BV09 + BV10. As plantas de soja ficaram submetidas a esses tratamentos por 10 dias e após esse período, foram avaliados: a relação hídrica, o teor de pigmentos cloroplastídicos e as trocas gasosas. A partir dos resultados obtidos, observamos que as plantas tratadas com os microrganismos apresentaram maior potencial hídrico, logo, maior grau de hidratação, maior teor de pigmentos cloroplastídicos, e apresentaram maior taxa fotossintética em relação as plantas sob DH, logo, maior assimilação de CO_2 , maior g_s , maior razão entre (C_i/C_a), maior taxa transpiratória (E) e maior eficiência do uso da água (EUA). Podemos concluir que esses microrganismos apresentam grande potencial para serem usados em programas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Déficit hídrico, Microrganismos, Soja, Fisiologia vegetal.

Lista de Figuras

- Figura 1-** Potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}) (A) e potencial hídrico no meio-dia (Ψ_{md}) (B) em plantas de *Glicine max.* submetidas à seca, aplicadas e não aplicadas com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10)13
- Figura 2-** Determinação de clorofila *a* (*Chla*) (A); clorofila *b* (*Chlb*) (B) e clorofilas totais (*ChlTotais*) (C) em plantas de *Glicine max.* submetidas à seca, aplicadas e não aplicadas com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10)14
- Figura 3-** Análises dos parâmetros fisiológicos: assimilação líquida de CO₂(A) (A); condutância estomática (*gs*) (B); razão entre a concentração externa e interna de CO₂ (*Ci/Ca*) (C); taxa de transpiração (E) (D); eficiência do uso da água (EUA) (E) em plantas *Glicine max.* submetidas à seca, aplicadas e não aplicadas com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10)15

Lista de símbolos

- Ψ_{md} - Potencial hídrico do meio-dia
 Ψ_{am} - Potencial hídrico da manhã
 Ψ_w - Potencial hídrico
A- Assimilação líquida de CO₂
Chl a- Clorofila *a*
Chl b- Clorofila *b*
ChlTotais- Clorofilas *a + b*
Ci/Ca- Razão entre a concentração interna e externa de CO₂
CO₂- Dióxido de carbono
DH- Déficit hídrico
E- Taxa de transpiração
EUA- Eficiência do uso da água
MPCV- Microrganismos promotores do crescimento vegetal
N- Nitrogênio
PSII- Fotossistema II
PSI- Fotossistema I

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 RELAÇÕES HÍDRICAS.....	16
2.2 PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS.....	16
2.3 TROCAS GASOSAS.....	17
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA.....	17
3. RESULTADOS	17
3.1 RELAÇÕES HÍDRICAS	17
3.2 TEOR DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS	18
3.3 TROCAS GASOSAS	19
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

A seca é um problema natural que ocorre em todo o mundo como consequência da indisponibilidade de água no solo e é um dos maiores impactos naturais, com danos que impactam a economia e a subsistência da população (JUNIOR *et al.*, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2021). O território brasileiro possui uma alta instabilidade climática, sendo muito conhecido pelas secas intensas e fortes irregularidades, sendo frequente a ocorrência de veranicos durante a estação chuvosa, havendo regiões que atravessam períodos de extrema restrição hídrica (MAGALHÃES *et al.*, 2019). A precipitação final dos períodos chuvosos é o período ideal para o desenvolvimento da agricultura, porém ela tem sido afetada pela ocorrência cada vez mais frequente de veranicos (MENEZES *et al.*, 2010). O veranico é um fenômeno meteorológico que se caracteriza por um período de 04 ou mais dias com baixa precipitação e altas temperaturas durante a estação chuvosa, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das culturas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 2019). Esse cenário pode se tornar ainda mais crítico nos próximos anos, já que estudos de modelagem climática preveem reduções na precipitação em diversos estados do país (PBMC, 2016), enquanto estudos voltados para a modelagem de veranicos apontam para a tendência de aumento na frequência ou na duração desses eventos (MAGALHÃES *et al.*, 2019).

A escassez hídrica compromete importantes processos fisiológicos e bioquímicos, como a fotossíntese e respiração (BAÉZ *et al.*, 2020). Plantas nessas condições respondem rapidamente ao estresse reduzindo as taxas transpiratórias (SOUSA *et al.*, 2019), o que envolve o fechamento estomático. Embora o fechamento estomático seja essencial para manter o potencial hídrico dentro de limites que garantam o metabolismo celular, esse mecanismo de resposta promove limitações difusivas e diminuição nas taxas fotossintéticas (MACHADO *et al.*, 2009). Em adição, o fechamento estomático pode favorecer a taxa fotorrespiratória e a supergeração de espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais são radicais livres instáveis e muito reativos que estão presentes no processo metabólico das plantas, mas em condições elevadas podem ser altamente prejudiciais (VELLOSA *et al.*, 2021), atuando diretamente no processo de peroxidação lipídica, afetando a expansão celular e resultando no extravasamento de eletrólitos (MITTLER, 2021). Há também dano oxidativo em tilacóides, o que promove grande impacto na clorofila e carotenóides das plantas e causa degradação dos complexos centrais do fotossistema I e II, inibindo assim os processos fotoquímicos centrais (ROACH; KRIEGER-LISZKAY, 2014; FAHAD, *et al.*, 2017). Isso ocorre quando o sistema de defesa antioxidante da planta não consegue manter em equilíbrio a eliminação de EROs decorrente da sua supergeração (SHARMA *et al.*, 2012).

Uma cultura frequentemente afetada pela seca no Brasil é a soja (*Glycine max.*), e o seu plantio tem sido afetado com o aumento na frequência das instabilidades climáticas (CINTRA *et al.*, 2020; DAS *et al.*, 2017), afetando o seu crescimento e produtividade vegetal (FLEXAS, 2009; FAHAD, *et al.*, 2017). A soja é uma das principais fontes econômicas mundiais desde 1970 (FERREIRA, 2011). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial deste grão, com cerca de 141,3 milhões de toneladas de grãos por safra anual (CONAB, 2021). A soja é uma leguminosa altamente rica em nutrientes essenciais para os seres humanos (DUROVIC, *et al.*, 2019; REHMAN, *et al.*, 2021), os seus grãos processados pela agroindústria

constituem uma das principais matérias primas, proteínas e óleos, utilizadas para a produção de óleo comestível, ração animal, adubos e produtos cosméticos (LEMOS *et al.*, 2017; DUROVIC, *et al.*, 2019;). Vários estados produtores de soja no Brasil, no entanto, vêm enfrentando perdas na produtividade devido à ocorrência de veranicos. Em algumas regiões do Rio Grande do Sul, por exemplo, a safra de 2019/2020 obteve maus resultados com o grande impacto da severa seca que atingiu o estado em boa parte do ciclo da cultura, chegando a 44,6% de perdas em relação à safra anterior. Em Santa Catarina, o balanço geral da produtividade apontou uma queda na produtividade por conta da estiagem ocorrida em todo território catarinense ao longo do ciclo da cultura (CONAB, 2020). A avaliação dos impactos causados pela seca mostrou um aumento das áreas em condições de estresse hídrico em todas as regiões de plantação da cultura de soja no ano de 2021 (CUNHA *et al.*, 2021). Com o clima em constante mudança, de fato, é inevitável a ocorrência de eventos de seca e, diante deste cenário, é de suma importância o desenvolvimento de métodos alternativos a fim de mitigar os danos desencadeados pela escassez hídrica, de modo a evitar grandes perdas nas plantações vindouras (FENG *et al.*, 2020).

Dentre as várias tecnologias disponíveis para aumentar a tolerância da soja à seca, uma alternativa viável, econômica e ambientalmente amigável consiste na utilização de microrganismos promotores do crescimento. Os microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCV) são bactérias e fungos que, em associação com as plantas, são capazes de estimular o seu crescimento através do seu efeito biofertilizante e bioestimulante, que por sua vez podem promover tolerância a estresses bióticos e abióticos (AGUIAR, 2012; COSTA, 2019; CAMARGO, 2019). Fungos do gênero *Trichoderma* e bactérias do gênero *Bacillus* são exemplos de MPCV que tem demonstrado resultados positivos na produtividade das culturas (CAMARGO, 2019). A estratégia de aplicar microrganismos nas culturas contribui com as práticas sustentáveis na agricultura, sem adições de fertilizantes químicos (PACENTCHUK *et al.*, 2020). O *Trichoderma asperellum* é uma espécie de fungo encontrado no solo e é amplamente utilizado em plantações agrícolas para o controle biológico, e tem sido visto como promissor no crescimento vegetal e minimizador de estresse, como estresse salino (LIMA, 2020). Além do controle biológico, algumas espécies possuem a capacidade de promover o crescimento vegetal e influenciar positivamente a germinação de sementes, através da produção de hormônios e solubilizantes de nutrientes (CHAGAS *et al.*, 2017). A bactéria *Bacillus subtilis* apresenta resultados positivos quando aplicada no solo ou durante a semeadura, podendo influenciar na produtividade, solubilização de nutrientes como fosfato e nitrogênio, crescimento e germinação das plantas, além de promover resistência aos patógenos (MIRANDA *et al.*, 2020). Essa bactéria possui a capacidade de reduzir os efeitos deletérios do estresse abiótico das plantas (LIMA, 2020). Cabe salientar, ainda, que MPCV produzem e liberam fitohormônios envolvidos no desenvolvimento e diferenciação de células do xilema (AHLUWALIA *et al.*, 2021).

Trabalhos prévios realizados pela equipe envolvida nessa proposta demonstraram que a inoculação da soja com MPCV auxiliam as plantas nas respostas de defesa após a exposição à seca (SILVA, 2019). Apesar dos resultados promissores, no entanto, ainda são necessários estudos que avaliem a melhor forma de aplicação, bem como o possível efeito benéfico da interação entre diferentes microrganismos. Com efeito, embora sejam comumente empregados isoladamente, a combinação de microrganismos apresenta maior potencial para gerar respostas

nas culturas em comparação com a inoculação única, já que nesse caso uma gama maior de estratégias de tolerância à seca são utilizadas (OROZCO-MOSQUEDA *et al*, 2021). Diante do exposto, o presente projeto avaliou a interação de *Bacillus subtilis* (BV02), *Bacillus subtilis* (BV09) e o fungo *Trichoderma asperellum* (BV10) sobre os principais aspectos fisiológicos de plantas de soja submetidas ao déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal, no Instituto Federal Goiano, Campos Rio Verde -GO, Brasil (17°48'18.33" de latitude sul e 50°54'0.04" de longitude oeste e 748m de altitude). As sementes de soja (*Glicine max L. Merril*), da cultivar Neo680 super precoce, as quais foram plantadas em vasos de PVC com 9 litros de capacidade, com solo adequadamente adubado, areia e matéria orgânica na proporção de 2:1:1 (v/v), posteriormente, acondicionados em bancadas, irrigadas diariamente até o estágio V2. No início do estágio V2, as plantas foram submetidas aos seguintes tratamentos: **Controle** (plantas irrigadas diariamente, de forma que a umidade do solo permaneça próxima à capacidade de campo (CC)); **Seca** (suspensão gradual da irrigação, até que o solo atinja 25% da CC); T1 **Seca+BV02+BV10** (plantas submetidas à seca (25%) com bactéria *B. subtilis* (BV02) aplicado nas folhas e o fungo *T. asperellum* (BV10) aplicado nas sementes); T2: **Seca+BV02+BV10** (plantas submetidas à seca (25%) com bactéria *B. subtilis* (BV02) + *T. asperellum* (BV10) ambos aplicados nas folhas, e o fungo *T. asperellum* (BV10) aplicado nas sementes); T3 **Seca+BV09+BV10** (plantas submetidas à seca (25%) com bactéria *B. subtilis* (BV09) e o fungo *T. asperellum* (BV10) ambos aplicados nas folhas). Os microrganismos utilizados foram *B. subtilis* (BV02, para referência: Bio-Imune, registro MAPA: 43418) e *T. asperellum* (BV10, para referência: Tricho-Turbo, registro no MAPA: 34018), ambos fornecidos pelo Grupo Vittia. As plantas permaneceram nessas condições por um período de 10 dias e durante esses dias foram realizadas pesagens duas vezes ao dia para repor água das plantas que foram submetidas à seca, a fim que não saíssem dos 30% de seca imposto. Os microrganismos foram aplicados nas folhas via borrifamento, de modo que cobrisse toda superfície foliar evitando que caísse no solo. Após isso, foram feitas as análises descritas nos tópicos a seguir.

2.1 RELAÇÕES HÍDRICAS

A determinação do potencial hídrico foi realizada em folhas individuais, completamente expandidas, de cada tratamento ao final do período de seca. Os resultados foram obtidos com o auxílio da bomba de pressão tipo Scholander, no período da antemã (04:30 h - 05:30 h) (Ψ_{md}) e ao meio dia (12:00 h) (Ψ_{md}).

2.2 TEOR DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS

Os teores de clorofilas foram determinados através de uma técnica não destrutível, utilizando-se o aparelho Falker ClorofiLOG®, modelo CFL1030, sendo obtido o teor de

clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total (Chla+b). As análises foram avaliadas em 4 folíolos aleatórios completamente expandidas por planta.

2.3 TROCAS GASOSAS

Os dados foram obtidos com o uso do fluorômetro modulado acoplado ao leitor de gases infravermelho (LI-6800, Li-Cor Inc., Nebraska, EUA). A quantidade de assimilação líquida do carbono (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a razão entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a), a taxa transpiratória (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a eficiência do uso da água ($\text{EUA } \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$) foram observadas em local aberto, sob luz saturante ($1000 \mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), com o analisador de gases infravermelho supracitado.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições cada. Sendo, os dados submetidos à ANOVA e as médias calculadas pelo teste Tukey com valores de $P > 0,05$. As análises estatísticas e confecção dos gráficos, foram realizadas pelo programa estatístico RStudio.

3 RESULTADOS

3.1 RELAÇÕES HÍDRICAS

Alterações nos status hídrico foram observados após a exposição das plantas ao décimo dia de seca (Fig. 1). Em relação ao potencial hídrico, a exposição das plantas à seca não apresentou diferença estatística na antemãhã (Ψ_{am}) (Fig. 1A). O potencial hídrico do meio-dia (Ψ_{md}), por sua vez, apresentou uma queda em todas as plantas sob déficit hídrico, sendo essa queda mais intensa às plantas submetidas apenas à seca, sem tratamento com microrganismos (Fig. 1B). Com efeito, tratamentos com microrganismos não apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas diferiram do controle, o qual foi menos negativo, e os tratamentos T1 e T3 apresentaram maiores valores de Ψ_{md} quando comparados ao tratamento apenas na seca, se aproximando um pouco mais do tratamento controle.

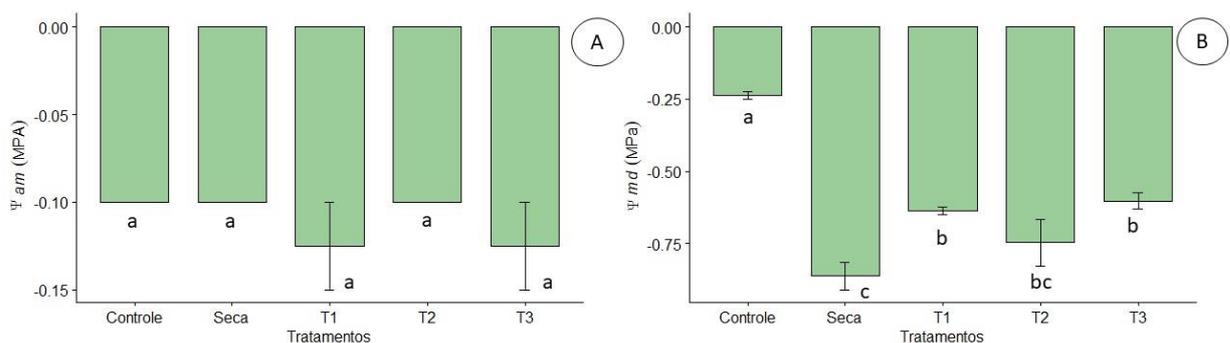


FIGURA 1- Potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}) (A), potencial hídrico no meio-dia (Ψ_{md}) (B) em plantas de *Glicine max.* submetidas à seca, tratadas ou não com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10). Controle (plantas irrigadas diariamente); Seca - déficit hídrico (30% de água no solo); T1 (seca + BV02 + BV10; BV02 nas folhas e BV10 nas sementes); T2 (seca + BV02 + BV10; BV02+BV10 nas folhas e BV10 nas sementes); T3 (seca + BV09 + BV10, ambos aplicados nas folhas). Médias que apresentam as mesmas letras não se diferem entre si de acordo com o teste Tukey $P > 0,05$. As barras estatísticas indicam o desvio padrão entre os tratamentos.

3.2 TEOR DE PIGMENTOS CLOROPLASTIDÍCOS

A exposição de *Glicine max* à seca desencadeou alterações no teor de pigmentos fotossintéticos clorofila *a* e *b* (Fig. 2). Observou-se que a concentração de clorofila *a* (*Chla*) do T1 foi maior em relação ao tratamento de seca. Já o T2 foi menor somente quando comparado as plantas controle (Fig. 2A). Para o teor de clorofila *b* (*Chlb*), apenas o T1 apresentou diferença estatística do tratamento de déficit hídrico (Fig. 2B), sendo capaz de manter maior concentração deste pigmento. As clorofilas totais (*ChlTotais*) apresentou o mesmo padrão de resultados da *Chla*, onde o T1 apresentou um teor de clorofilas estatisticamente diferente em relação à seca (Fig. 2C).

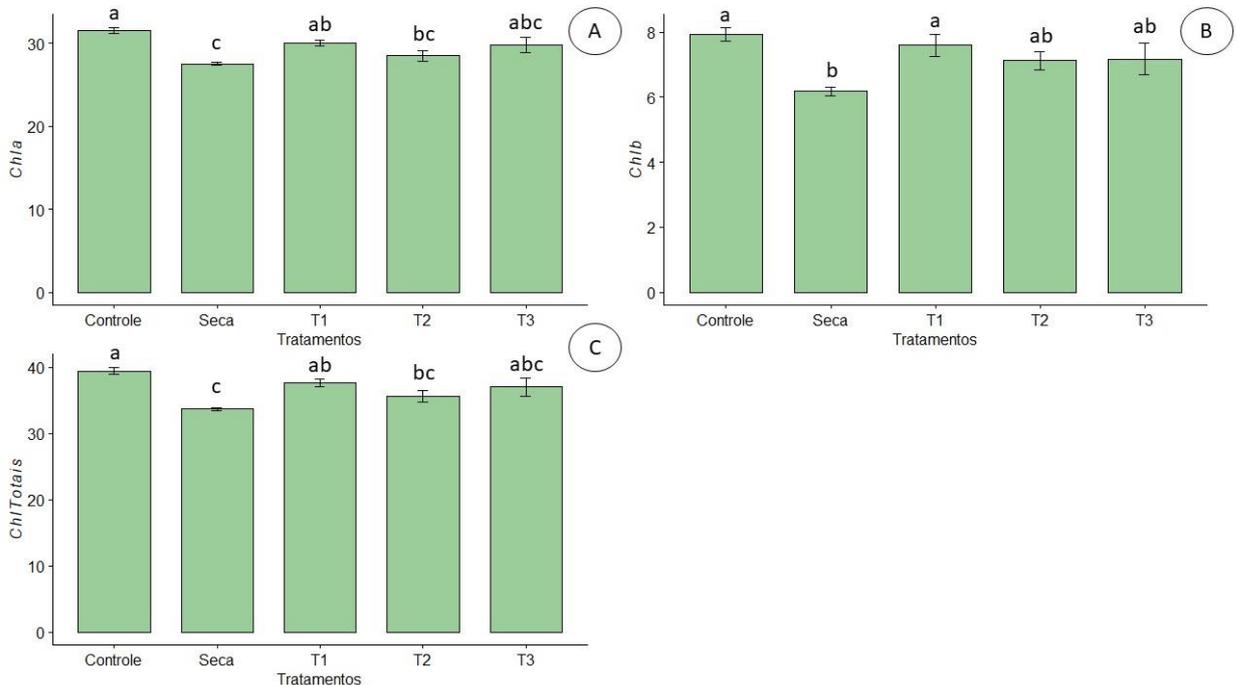
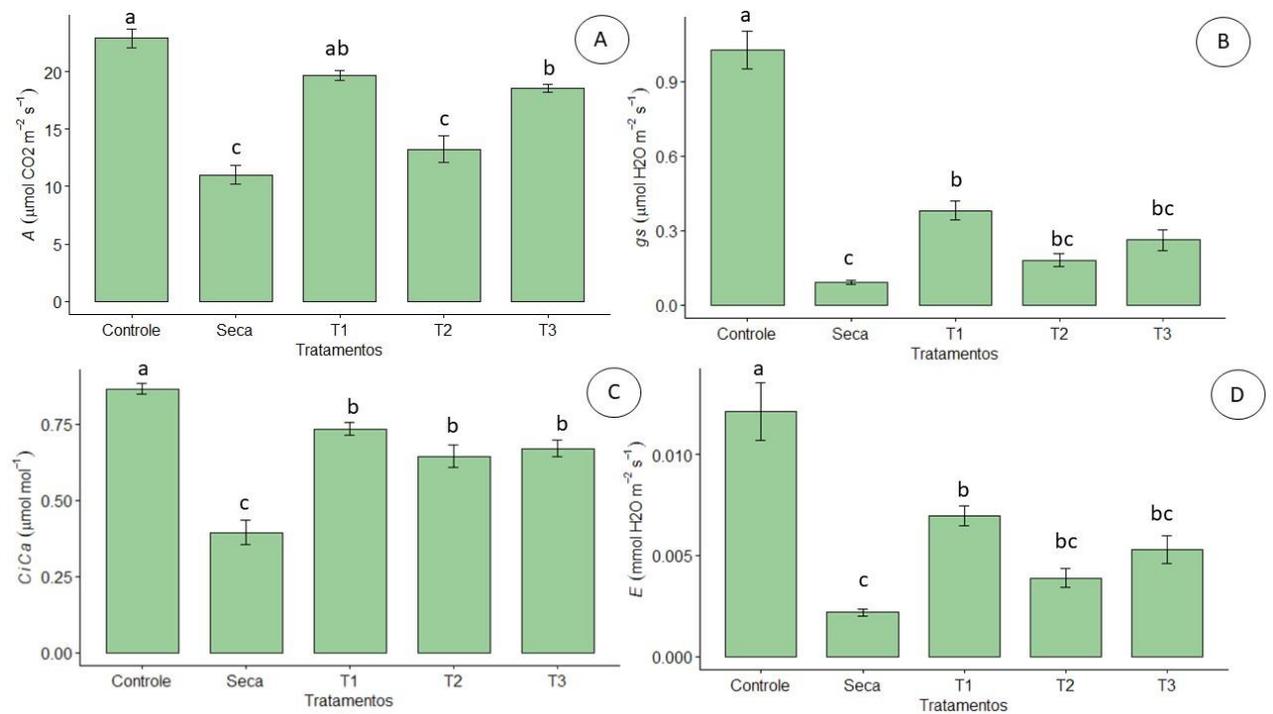


FIGURA 2- Determinação de clorofila *a* (*Chla*) (A); clorofila *b* (*Chlb*) (B) e clorofilas totais (*ChlTotais*) (C) em plantas de *Glicine max.* submetidas à seca, tratadas ou não com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10). Controle (plantas irrigadas diariamente); Seca - déficit hídrico (30% de água no solo); T1 (seca + BV02 + BV10; BV02 nas folhas e BV10 nas sementes); T2 (seca + BV02 + BV10; BV02+BV10 nas folhas e BV10 nas sementes); T3 (seca + BV09 + BV10, ambos aplicados nas folhas). Médias que apresentam as mesmas letras

não se diferem entre si de acordo com o teste Tukey $P > 0,05$. As barras estatísticas indicam o desvio padrão entre os tratamentos.

3.3 TROCAS GASOSAS

A exposição das plantas ao déficit hídrico afetou os parâmetros de trocas gasosas analisados, sendo os danos causados pela seca atenuados pelos microrganismos (Fig. 3). A taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) apresentou queda superior a 50% na restrição hídrica, sendo que tanto o tratamento com *B. subtilis* (BV02) e *T. asperellum* (BV10) (T1) quanto a aplicação de *B. subtilis* (BV09) e *T. asperellum* (BV10) (T3) foram capazes de manter a taxa fotossintética das plantas em níveis mais próximos ao controle (Fig. 3A). Quanto à condutância estomática (g_s), as plantas controles apresentaram maiores valores, sendo que apenas o T1 apresentou diferença significativa em comparação com o tratamento de seca (Fig. 3B). Em relação à razão entre a concentração externa e interna de CO_2 (C_i/C_a), as plantas em tratamentos com microrganismos não apresentaram diferenças significativas entre si, somente em relação ao controle, que obteve maior valor, e à seca, que apresentou menor valor (Fig. 3C). A taxa transpiratória (E), apresentou os mesmos padrões de resultados observados na condutância estomática (Fig. 3D). A relação entre a atividade fotossintética e a condutância estomática, parâmetros que determinam a eficiência do uso da água (EUA), foi maior na seca, em relação aos demais tratamentos (Fig. 3E).



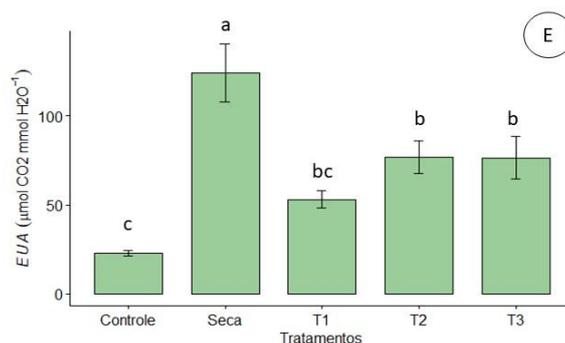


FIGURA 3- Análises dos parâmetros fisiológicos: assimilação líquida de CO₂(A) (A); condutância estomática (*g_s*) (B); razão entre a concentração externa e interna de CO₂ (*C_i/C_a*) (C); taxa de transpiração (E) (D); eficiência do uso da água (EUA) (E) em plantas *Glicine max.* submetidas à seca, tratadas ou não com cepas de *B. subtilis* (BV02 e BV09) e *T. asperellum* (BV10). Controle (plantas irrigadas diariamente); Seca - déficit hídrico (30% de água no solo); T1 (seca + BV02 + BV10; BV02 nas folhas e BV10 nas sementes); T2 (seca + BV02 + BV10; BV02+BV10 nas folhas e BV10 nas sementes); T3 (seca + BV09 + BV10, ambos aplicados nas folhas). Médias que apresentam as mesmas letras não se diferem entre si de acordo com o teste Tukey $P > 0,05$. As barras estatísticas indicam o desvio padrão entre os tratamentos.

4 DISCUSSÃO

O déficit hídrico é um dos estresses comumente enfrentados por culturas e desencadeia várias perdas de produtividade (GODWIN; FARRONA, 2020; AGURLA, *et al.*, 2018). A deficiência hídrica diminui a taxa de absorção de água e nutrientes pelas raízes e dificulta o seu transporte (GHASSEMI *et al.*, 2018). Além disso, a seca afeta diretamente a eficiência fotossintética nas plantas, devido à baixa concentração de clorofilas e ao comprometimento dos parâmetros de trocas gasosas (SHARMA, 2020), diminui a qualidade dos grãos, eleva a taxa de senescência e a queda foliar, e a ocorrência de folhas murchas e o enrolamento é muito comum em plantas sob DH (Déficit hídrico) (SELEIMAN, 2021). No entanto, o uso de alguns microrganismos pode auxiliar na resposta das plantas à seca (KHOSHMANZAR *et al.*, 2019). Nesse trabalho nós avaliamos as respostas de plantas de soja sob o estresse hídrico. Foi possível observar que, embora o DH tenha afetado consideravelmente as plantas de soja, a aplicação dos microrganismos foi capaz de mitigar os danos desencadeados pela seca. As bactérias *Bacillus subtilis* e os fungos *Trichoderma asperellum*, são MPCV que foram utilizados e apresentaram a capacidade de manter a hidratação dos tecidos e os processos fisiológicos vegetais.

Um dos maiores danos desencadeados pela seca é o quadro de desidratação dos tecidos foliares (ZHANG *et al.*, 2019). Embora à exposição aos períodos de seca tenha afetado o grau de hidratação das plantas de soja, especialmente ao meio-dia, a combinação dos microrganismos *Bacillus subtilis* e *Trichoderma asperellum* foram capazes de manter o grau de hidratação, mantendo um bom status hídrico dos tecidos (Fig. 1). Os valores de Ψ_{md} observado em todos os tratamentos com microrganismos, em relação à seca, se dá devido a aplicação de MPCV que permitiu que as plantas de soja tolerassem a seca imposta e conservassem seu grau de

hidratação (Fig. 1B). Esse resultado também foi encontrado na literatura, onde o autor trabalhou com o trigo, e observou que MPCV auxiliou a manter a hidratação de suas plantas (RASHID *et al.*, 2021). Fungos *T. asperellum* são promotores de crescimento, que realizam biossíntese de nutrientes capazes de realizar o alongamento das raízes, (MEYER *et al.*, 2019; CHAGAS *et al.*, 2017). Já as bactérias *Bacillus subtilis* apresentam a capacidade de formar esporos resistentes a vários estresses abióticos, como a seca (BLAKE *et al.*, 2020), e o crescimento radicular pode ser induzido através da síntese de auxina, giberelina e citocinina (TSAVKELOVA *et al.*, 2006). Desta forma, podemos sugerir que o tratamento com microrganismos possivelmente promoveu o crescimento radicular, o que aumentou a área de contato com o solo, aumentando sua capacidade de absorção de água. Estudos relatam que em déficit hídrico as plantas mantêm o Ψ_w constante durante ao entardecer e mantêm seu valor máximo até o período da manhã, isso devido a variações diurnas (COSTA; MARENCO, 2007; BERGONCI *et al.*, 2000), parâmetro observado no Ψ_{am} (Fig. 1A).

As clorofilas são pigmentos muito importantes que estão presentes nos cloroplastos, e são as estruturas centrais que conduzem energia química para as plantas realizarem seus processos fotossintéticos (GUIDI *et al.* 2017). As clorofilas *a* são as mais abundantes e responsáveis pela absorção de energia solar e transferência de elétrons do PSII para o PSI, enquanto as clorofilas *b* são pigmentos acessórios que vão auxiliar nesse processo (TAIZ; ZEIGER, 2017; LIU *et al.*, 2018). A seca é o principal fator ambiental que reduz a eficiência fotossintética. Com efeito, a seca afeta a fotossíntese de diversas formas, inclusive por comprometer a biossíntese das clorofilas, o que leva ao mau funcionamento dos fotossistemas (SHARMA *et al.*, 2019). A diminuição do rendimento quântico do PSII e baixo transporte de elétrons, devido ao baixo teor de clorofilas, afeta o transporte de elétrons no PSI que por sua vez diminui a atividade da Ribulose-1,5-bifosfato no ciclo de Calvin, que é responsável pela produção de carboidratos na planta (AGATHOKLEOUS *et al.*, 2020; SHARMA *et al.*, 2019; BANKS, 2018). Em relação aos resultados adquiridos em pigmentos cloroplastídicos, observou-se que plantas dos tratamentos T1 e T3 conseguiram manter os níveis de clorofila similares o controle (Fig. 2). Resultados similares foram observados por Costa *et al.* (2019), sendo que os autores relataram que a aplicação de *Bacillus subtilis* aumentou a concentração de clorofilas na soja. A aplicação de *B. subtilis* e *T. asperellum* aumentam significativamente o teor de clorofilas (JABBOROVA *et al.*, 2021), pois apresentam a capacidade de assimilar compostos como o Nitrogênio, que são fundamentais para a síntese de clorofilas (RODRIGUES *et al.*, 2021; SCUDELETTI *et al.*, 2021). O alto teor de clorofilas favorece o melhor funcionamento do aparato fotossintético (SCUDELETTI *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019).

O estresse hídrico pode afetar significativamente os processos fisiológicos das plantas, o que está diretamente relacionado à produtividade vegetal, causando vários problemas no aparato fotossintético (AHLUWALIA *et al.*, 2021). Vários resultados na literatura citam que os fungos *T. asperellum* e as bactérias *B. subtilis* possuem a capacidade de atenuar os danos causados no aparato fotossintético (SCUDELETTI *et al.*, 2021; ZAFAR-UL-HYE *et al.*, 2019), devido sua aptidão em produzir vários hormônios capazes de tal ação (SILVA *et al.*, 2020). Em relação aos parâmetros de trocas gasosas, as plantas do T1 e T3 com MPCV apresentaram taxa de assimilação líquida de CO₂ maior que o tratamento de seca e o T2 (Fig. 3A). A queda na fotossíntese em resposta ao DH normalmente é consequência do fechamento estomático

(VENTURA *et al.*, 2019). As plantas fecham seus estômatos para impedir que o Ψ_w caia, mas, apresentam consequências em A (SOUZA *et al.*, 2021). A condutância estomática é avaliada pela abertura dos estômatos e fornece a capacidade das plantas realizarem trocas gasosas (OLIVEIRA *et al.*, 2005), onde a redução da abertura estomática limita a entrada de CO_2 para a fixação pela RUBISCO (SHARMA *et al.*, 2019). De fato, o fechamento estomático é uma condição crucial para a sobrevivência das plantas em condições de restrição hídrica, já que diminui a perda de água por transpiração. Contudo, também diminui a assimilação de CO_2 , consequentemente diminuindo as taxas fotossintéticas (ZHANG *et al.*, 2019). Com efeito, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram redução em g_s , o que explica a menor taxa de fixação de carbono. No entanto, é interessante observar que os tratamentos T2 e T3 apresentaram a mesma g_s que a seca e, ainda assim, foram capazes de manter maior taxa fotossintética, indicando que as plantas expostas apenas à seca apresentaram outros entraves à fotossíntese em adição às limitações estomáticas. Em razão disso, plantas tratadas com o fungo *T. asperellum* e as bactérias *B. subtilis*, como o T1 e T3, foi observado que essa aplicação conseguiu manter respostas semelhantes ao tratamento controle, quanto aos resultados observados em A (Fig. 3A). Resultados similares foram observados para plantas de banana, que refletiu boa interação do fungo com a bactéria, onde ambos conseguiram apresentar resultados significativos na taxa fotossintética (MOREIRA *et al.*, 2021). Os resultados mostraram baixa taxa transpiratória em plantas sob DH devido aos baixos valores na condutância estomática, onde podemos observar, que apenas o T1 apresentou diferença em comparação com o tratamento de seca (Fig. 1E). Esses valores indicam que mesmo sob DH as plantas tratadas com os microrganismos apresentaram bons resultados quanto a taxa transpiratória quando comparado ao tratamento de seca. A razão entre a concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) é dependente da taxa de g_s (HASAN *et al.*, 2020), em decorrência do tratamento com os microrganismos que ajudou a manter o C_i/C_a mais próximo do controle e, consequentemente, permitiu maior taxa de fixação de CO_2 da enzima RUBISCO (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As plantas apresentam adaptações frente as condições estressantes que as permitem fazer o melhor uso da água (SANTOS *et al.*, 2020), estudos indicam que o uso de microrganismos aumenta a eficiência do uso da água em plantas sob DH (SCUDELETTI *et al.*, 2021). O mesmo comportamento foi observado em plantas de soja, onde as plantas sob microrganismos apresentaram maiores valores em EUA em relação as plantas controles, esse aumento pode estar relacionado a contribuição dos microrganismos na regulação da baixa condutância estomática (Fig. 4F) (LASTOCHKINA *et al.*, 2020). No entanto, em relação à seca, os tratamentos com os microrganismos apresentaram menor EUA. É interessante observar que, mesmo tendo maior g_s e menor EUA, as plantas com microrganismos foram capazes de manter maior grau de hidratação do tecido, o que reforça a hipótese de estímulo ao crescimento radicular. Outra possibilidade é que o tratamento com microrganismos tenha contribuído para o ajustamento osmótico, possibilitando a geração de um gradiente de potencial hídrico que favorece a absorção de água (LAWSON E VIALET-CHABRAND, 2019).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste presente estudo, foi possível alcançar o objetivo proposto neste trabalho de avaliar o potencial da combinação entre o fungo *Trichoderma asperellum* e a bactéria *Bacillus subtilis* na atenuação dos danos causados pelo déficit hídrico em plantas de soja. Estes microrganismos podem apresentar benefícios as plantas para adquirirem tolerância ao DH, como os dados apresentados nos sugerem, o BV02, BV10 e BV09 são capazes de atenuar os danos causados pelo DH, evitando a desidratação de seus tecidos, obtendo um melhor funcionamento no aparato fotossintético, desse modo, apresentando grande potencial para a utilização agrícola sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGATHOKLEOUS, *et al.* **Chlorophyll hormesis: are chlorophylls major components of stress biology in higher plants?** Science of the Total Environment, v.726, p.13863, 2020.
- AGUIAR, P. K. **Prospecção de bactérias promotoras do crescimento vegetal associadas a vermicompostos.** 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Agropecuárias) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campo dos Goytacazes, RJ, 2012.
- AGURLA, *et al.* **Mechanism of Stomatal Closure in Plants Exposed to Drought and Cold Stress.** Advances in experimental medicine and biology, v.1081, p.215–232, 2018.
- AHLUWALIA, *et al.* **A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria.** Resour Environ Sustain, v.5, p.100032, 2021.
- AHLUWALIA, *et al.* **A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria.** Resources, Environment and Sustainability, v.5, p.100032, 2021.
- BAÉZ, *et al.* **Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no sul do Brasil.** Investing Agrar, 2020.
- BANKS, J. M. **Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes.** Environmental and experimental botany, v.155, p.118-127, 2018.
- BERGONCI, *et al.* **Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.1531-1540, 2000.
- BRODRIBB, *et al.* **Optical measurement of stem xylem vulnerability.** Plant Physiology, v.174, p.2054-2061, 2017.
- CAMARGO G.S.M. **Ação de *Trichoderma sp.* e *Bacillus subtilis* associado a fungicida em tratamento de semente na promoção da germinação de sementes de feijão.** 36f. 2019. Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.
- CHAGAS, *et al.* ***Bacillus subtilis* e *Trichoderma sp.* NO INCREMENTO DA BIOMASSA EM PLANTAS DE SOJA, FEIJÃO-CAUPI, MILHO E ARROZ.** Agri-Environmental Sciences, v.3, 2017.
- CHAGAS, *et al.* ***Trichoderma* na produção do crescimento vegetal.** Revista de Agricultura Neotropical, v.4, p.97-102, 2017.
- CINTRA, *et al.* **Produção Agrícola: Uma revisão bibliográfica sobre as mudanças climáticas e produtividade de plantas graníferas no Brasil.** Revista Agrotecnologia, v.11, p.87-94, 2020.
- COCHARD, *et al.* **Methods for measuring plant vulnerability to cavitation: A critical review.** Journal of Experimental Botany, v.64, p.4779-4791, 2013.
- CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Safra 2019/2020.** Campanha Nacional de Abastecimento, v.7, n.10, 2020.

- CONAB, **Conab estima produção total de 289,6 milhões de toneladas de grãos para safra de 2021/22**. Companhia Nacional de Abastecimento, 2021.
- CONAB, **Produção de grãos tem previsão de aumento de 5,7%, chegando a 271,7 milhões de toneladas**. Companhia Nacional de Abastecimento, 2021
- CONCEIÇÃO, *et al.* **Análise da incidência de veranicos na região Sul do Brasil**. ACTA Geográfica, v.14, p.23-37, 2020.
- COSTA, *et al.* **Desenvolvimento de cultivares de soja após a inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis***. Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais, v.7, 2019.
- COSTA, F. G; MARENCO, A. R. **Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*)**. ACTA Amazônica, v.37, p.229-234, 2007.
- CUNHA, *et al.* **Boletim monitoramento de secas e impactos no Brasil – abril de 2021**. ResearchGate, 2021.
- DUROVIC, *et al.* **Enhancement of antioxidant activity and bioactive compound contents in yellow soybean by plant-extract-based products**. Arch Biol Sic, v.73, p.425-434, 2019.
- FAHAD, *et al.* **Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options**. Frontiers in Plants Science, v.8, p-1147, 2017.
- FENG, *et al.* **Applications of metabolomics in the research of soybean plant under abiotic stress**. Journal Food Chemistry. v.310, 2020.
- FERREIRA, M. F. **A importância da soja e seus derivados para a economia brasileira a partir da década de 1970**. 2011 Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- FLEXAS J. *et al.* **Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants**. Plant Biology, v.6, p. 269-279, 2004.
- GHASSEMI, *et al.* **Monitoring cell energy, physiological functions and grain yield in field-grown mung bean exposed to exogenously applied polyamines under drought stress**. Journal of soil science and plant nutrition, v.18, p.1108-1125, 2018.
- GODWIN, J.; FARRONA, S. **Plant Epigenetic Stress Memory Induced by Drought: A Physiological and Molecular Perspective**. Plant Epigenetics and Epigenomics: Methods in Molecular Biology, v.2093, p.243-259, 2020.
- GUIDI, *et al.* **How does chloroplast protect chlorophyll against excessive light?** Chlorophyll, v.21, 2017.
- HASAN, *et al.* **Biocontrol efficacy of *Trichoderma asperellum* -enriched coconut fibre against *Fusarium* wilts of cherry tomato**. Journal of applied microbiology, v. 129, p. 991-1003, 2020
- JABBOROVA, *et al.* **Plant growth promoting bacteria *Bacillus subtilis* promote growth and physiological parameters of *Zingiber officinale* Roscoe**. Plant Science Today, v.8, p.66–71, 2021.
- JUNIOR, *et al.* **Monitoramento de seca meteorológica com dados TRMM para uma região produtora de grãos do Brasil**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.12, p.249-264, 2021.
- Khoshmanzar, *et al.* **Effects of *Trichoderma* isolates on tomato growth and inducing its tolerance to water-deficit stress**. Int. J. Environ. Sci. Technol. V.17, p.869–878, 2020.
- KUKI K. N. *et al.* **Avaliação da eficiência do dimetilsulfóxido na extração de pigmentos foliares de *Schinus terebenthifolius* e *Cocos nucifera***. In: Anais X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XII Congresso Latino Americano de Fisiologia Vegetal, 2005.
- LASTOCHKINA, *et al.* **Seed Priming with Endophytic *Bacillus subtilis* Modulates Physiological Responses of Two Different *Triticum aestivum* L. Cultivars under Drought Stress**. Plants, v.9, p.1810, 2020.

- LEMOS, *et al.* **Agregação de valor na cadeia de soja.** O Banco Nacional de Desenvolvimento, v. 46, p. 167-217, 2017.
- LIMA, C. B. **Atenuação do estresse por alta temperatura durante o estágio reprodutivo do feijoeiro-comum, em função da inoculação de *Bacillus subtilis*.** 2020. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2020.
- LIMA, *et al.* **Foliar fertilizer and biostimulant to enhance performance of *Urochloa* in two different seasons.** Australian Journal of Crop Science, v.13, p.1429-1437, 2019.
- LIU, *et al.* **AhGLK1 affects chlorophyll biosynthesis and photosynthesis in peanut leaves during recovery from drought.** Scientific reports, v. 8, p.1-11, 2018.
- LUTTS, *et al.* **Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa L.*) cultivars differing in salinity resistance.** Plant Growth Regul. v.19, p.207–218, 1996.
- MACHADO, *et al.* **Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.44, p.1575-1582, 2009.
- MACHADO, *et al.* **Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.1575-1582, 2009.
- MAGALHÃES, *et al.* **Veranicos no Brasil: observações e modelagens (CMIP5).** Revista brasileira de meteorologia, v.34, p.597-626, 2019.
- MARCHIN, *et al.* **Extreme heat increases stomatal conductance and drought-induced mortality risk in vulnerable plant species.** Global Change Biology, v.28, p.1133-1146, 2021.
- MENEZES, *et al.* **Veranico e a produção de agrícola no Estado da Paraíba, Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.181-186, 2010.
- MEYER, *et al.* **Trichoderma: uso na agricultura.** Embrapa, p.188, 2019.
- MIRANDA, *et al.* **Promotores de crescimento na cultura de soja.** South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, v.7, p.469-479, 2020.
- MITTLER, R. **ROS are Good.** Trends in Plants Science, v.22, p.11-19, 2017.
- MONCLUS, *et al.* **Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* x *Populus nigra*.** New Phytologist, v.169, p.765-777, 2006.
- MOREIRA, *et al.* **Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus sp.* and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings.** South African Journal of Botany, v.137, p.249-256, 2021.
- MUSA, U. T.; USMAN, T. H. **Leaf area determination for maize (*Zea mays L.*), okra (*Abelmoschus esculentus L.*) and cowpea (*Vigna unguiculata L.*) crops using linear measurements.** Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, v.6, p.103- 111, 2016.
- OLIVEIRA, *et al.* **Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão.** Engenharia Agrícola, v.25, p.86-95, 2005.
- OROZCO-MOSQUEDA, *et al.* **Plant growth-promoting bacteria as bioinoculants: Attributes and challenges for sustainable crop.** Journal Agronomy, v.11, p.1106-1167, 2021.
- PACENTCHUK, *et al.* **Efeito da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da soja.** Society and Development: Agrarian and Biological Sciences, v.9, p.12, 2020.
- PIMENTEL, C. **Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, p. 13-21, 2005.
- RASHID, *et al.* **Drought-tolerant *Bacillus megaterium* isolated from semi-arid conditions induces systemic tolerance of wheat under drought conditions.** Plant Cell Reports, p.1-21, 2021.
- RIBEIRO, *et al.* **The impact of drought on soil moisture trends across Brazilian biomes.** Natural Hazards and Earth System Sciences, v.21, p.879-892, 2021.

- ROACH, T; KRIEGER-LISZKAY, A. **Regulation of Photosynthetic Electron Transport and Photoinhibition**. Current Protein and Science, v.15, p.351-362.
- RODRIGUES, *et al.*, **Reinoculação foliar de soja em área de sequeiro do centro-oeste de Minas Gerais**. ACTA, Biológica Catarinense, v.8, p.51-61, 2021.
- SANTOS, *et al.* **Crescimento e eficiência do uso da água do sorgo sob distintos regimes hídricos contínuos**. Archivos de zootecnia, v. 69, p. 164-171, 2020.
- SCUDELETTI, *et al.* ***Trichoderma asperellum* Inoculation as a Tool for Attenuating Drought Stress in Sugarcane**. Frontiers in Plants Science, v.12, 2021.
- SELEIMAN, *et al.* **Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects**. Plants, v.10, p.259, 2021.
- SHARMA, *et al.* **Photosynthetic Response of Plants Under Different Abiotic Stresses: A Review**. J Plant Growth Regul v.39, p.509–531, 2020.
- SHARMA, P. *et al.* **Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions**. Journal of botany, v. 2012, 2012.
- SILVA MCAP **Impacto da inoculação com cepas da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 sobre os processos fisiológicos de soja exposta à seca**. Instituto Federal Goiano – IFGO. 36f, 2019.
- SILVA, *et al.* **Individual and combined growth-promoting microorganisms affect biomass production, gas Exchange and nutriente content in soybean plants**. Revista Caatinga, v.33, p.619-632, 2020.
- SILVA, *et al.* **Microrganismos promotores de crescimento isolados e combinados afetando a produção de biomassa, trocas gasosas e o conteúdo de nutrientes em plantas de soja**. Revista Caatinga, v.33, p.619-632, 2020.
- SILVA, *et al.* **The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: Implications for breeding aimed at improving drought tolerance**. Environ. Exp. Bot. v.87, p.49–57, 2013.
- SOUSA L. F. *et al.* **Improving water use efficiency by changing hydraulic and stomatal characteristics in soybean exposed to drought: the involvement of nitric oxide**. Physiologia Plantarum, 3:1-15, 2019
- SOUSA, *et al.* ***Trichoderma asperellum* modulates defense genes and potentiates gas exchanges in upland rice plants**. Physiological and Molecular Plant Pathology, v.112, p.101561, 2020.
- SOUZA, *et al.* **Controle hormonal do déficit hídrico em tomateiro**. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 20, p. 271-277, 2021.
- TAIZ, *et al.* **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora, 2013.
- TAIZ; ZEIGER, **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TSAVKELOVA, *et al.* **Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: A Review**. Applied Biochemistry and Microbiology, v.42, p.117-126. 2006
- VELLOSA, *et al.* **Estresse oxidativo: uma introdução ao estado da arte**. Brazilian Journal of Development, v.7, p.10152-10168, 2021.
- WELLBURN, A. R **The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution**. Journal Plant Physiol. v.144, p.307-313, 1994.
- ZAFAR-UL-HYE, *et al.* **ACC Deaminase Producing PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* and *Agrobacterium fabrum* along with Biochar Improve Wheat Productivity under Drought Stress**. Agronomy, v.9, p. 343, 2019.,
- ZHANG, *et al.* **Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G. uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status**. Journal of Plant Interactions, v.14, p.580-589, 2019.

