

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA**

**BIOPRIMING DE SEMENTES ALIVIA O EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA
SOJA**

DOBYAS MACLEN DA SILVA MARQUES

Dourados, MS
2024

BIOPRIMING DE SEMENTES ALIVIA O EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA SOJA

DOBYAS MACLEN DA SILVA MARQUES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Da Grande Dourados, como
parte das exigências do curso de Bacharelado em
Agronomia, para obtenção do título de |Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Coorientadora(a): Profª. Dra. Silvana de P. Q. Scalon

Dourados, MS
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586b Silva, Dobyas Maclen Marques Da
BIOPRIMING DE SEMENTES ALIVIA O EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA SOJA:
BIOPRIMING DE SEMENTES ALIVIA O EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA SOJA [recurso
eletrônico] / Dobyas Maclen Marques Da Silva. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Prof. Dr. Cleberton Correia Santos.
Coorientadora: Profª. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalo.
TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Bacillus subtilis. 2. insumos biológicos. 3. Parachlorella sp.. 4. potencial osmótico.
Trichoderma harzianum. I. Santos, Prof. Dr. Cleberton Correia. II. Scalo, Profª. Dra. Silvana De
Paula Quintão. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

BIOPRIMING DE SEMENTES ALIVIA O EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA SOJA

Por

Dobyas Maclen Marques da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovado em: 04 de Julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **CLEBERTON CORREIA SANTOS**
Data: 15/07/2024 17:50:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos Orientador – UFGD-FCA

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON DOS SANTOS DIAS**
Data: 15/07/2024 18:58:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Eng. Agron. Anderson dos Santos Dias Membro da
Banca – UFGD-FCA

Documento assinado digitalmente
 **THAISE DANTAS**
Data: 15/07/2024 18:26:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Me.

Thaise Dantas
Membro da Banca – UFGD-FCA

AGRADECIMENTOS

Eu, Dobyas Maclen Marques da Silva, gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus familiares. Eles sempre me apoiaram e incentivaram a nunca desistir dos meus sonhos, sendo um exemplo de determinação e perseverança. Sou imensamente grato por todo o amor e suporte que eles me proporcionaram, pois sem eles, eu não estaria aqui hoje.

Também gostaria de expressar minha gratidão ao meu professor orientador Cleberton Correia Santos e minha professora coorientadora Silvana de Paula Quintão Scalon, que dedicaram seu tempo e esforço para me guiar neste processo. Agradeço por seus conselhos, encorajamentos e ensinamentos valiosos que me ajudaram a concluir este trabalho. Agradeço também a banca avaliadora por este prestígio.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão à minha namorada, Isabela Pavão Bortolin, por ser de suma importância em minha vida, especialmente neste momento decisivo. Seu apoio incondicional, ajuda e força foram fundamentais para que eu pudesse continuar firme em minha jornada.

Agradeço ainda à universidade por todo o suporte e disposição de ferramentas para a implantação do experimento, à coordenação do curso de Agronomia.

Agradeço também aos integrantes do grupo de estudos em ecofisiologia de plantas por me apoiarem e ajudar em momentos importantes como esse.

Agradeço a Deus por me dar saúde para continuar e foi minha base onde me ajudou a ter sabedoria e disciplina para concluir meu trabalho de conclusão de curso.

A todos vocês, minha mais sincera gratidão. Obrigado por fazerem parte deste trabalho e por me ajudarem a alcançar este momento tão importante da minha vida acadêmica.

SILVA, Dobyas Maclen Marques da. **Biopriming de sementes alivia o efeito do estresse salino na soja.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

RESUMO

O estresse salino é uma condição preocupante pois afeta negativamente a germinação das sementes e o desempenho morfofisiológico das plantas como a soja. O condicionamento das sementes com bioinsumos (biopriming) é uma solução promissora para esse problema ambiental. Objetivamos avaliar o potencial do biopriming isolado ou combinado de microalga e diferentes microrganismos em aliviar o efeito estressante da salinidade na soja. As sementes foram submetidas a seis biopriming: controle (sem biopriming), microalga *Parachlorella* sp., *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. Posteriormente, as sementes foram submetidas a duas condições: i) controle (0,0 MPa) e ii) estresse salino induzido por NaCl (–0,8 MPa). Foram avaliados os indicadores de germinação, fotoquímicos e o desempenho de plântulas. A salinidade prejudicou a protrusão radicular e a fisiologia da semente, resultando em maior porcentagem de plântulas anormais, tornando-se uma condição estressante. Entretanto, os biopriming aliviaram os efeitos negativos da salinidade, especialmente com *T. harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*, resultando em maiores indicadores de germinação e plântulas normais. Todos os biopriming, especialmente aqueles combinados contribuíram na redução da supressão de *quenching* não fotoquímico, favorecendo o rendimento máximo do fotossistema II. Observamos menores comprimentos, massas frescas e secas das plântulas na condição salina sem biopriming, enquanto que aquelas com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* apresentaram maiores valores. Os biopriming das sementes, especialmente com a associação da microalga *Parachlorella* sp. ao *B. subtilis* ou *T. harzianum* aliviaram os efeitos estressantes da salinidade.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*. Estresse salino. Insumos biológicos. *Parachlorella* sp.. Potencial osmótico. *Trichoderma harzianum*.

SILVA, Dobyas Maclen Marques da. **Seed biopriming alleviates the effects of salt stress in soybean.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

ABSTRACT

Salt stress is a concerning condition as it negatively affects seed germination and the morphophysiological performance of plants such as soybean. Seed conditioning with bioinputs (biopriming) is a promising solution to this environmental problem. We aimed to evaluate the potential of isolated or combined biopriming of microalgae and different microorganisms in alleviating the stressful effect of salinity on soybean. The seeds were subjected to six biopriming: control (without biopriming), microalgae *Parachlorella* sp., *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, and *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. Subsequently, the seeds were subjected to two conditions: i) control (0.0 MPa) and ii) saline stress induced by NaCl (-0.8 MPa). Germination and photochemical indicators, and seedling performance were evaluated. Salinity impaired root protrusion and seed physiology, resulting in a higher percentage of abnormal seedlings, making it a stressful condition. However, biopriming alleviated the negative effects of salinity, especially with *T. harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, and *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*, resulting in higher germination indicators and normal seedlings. All biopriming, especially the combined ones, contributed to the reduction of non-photochemical quenching suppression, favoring the maximum yield of photosystem II. We observed shorter lengths, and lower fresh and dry masses of seedlings under saline conditions without biopriming, whereas those with *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* and *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* showed higher values. Seed biopriming, especially with the combination of the microalgae *Parachlorella* sp. with *B. subtilis* or *T. harzianum*, alleviated the stressful effects of salinity.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*. Salt stress. Biological inputs. *Parachlorella* sp. Osmotic potential. *Trichoderma harzianum*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Painéis de LEDs no Closed FluorCam FC 800-C (Photon Systems Instruments).UFGD, Dourados – MS, 2024.....	11
Figura 2. Aspecto visual de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: microalga <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>Bacillus subtilis</i> , Th: <i>Trichoderma harzianum</i> , M+Bs: microalga <i>Parachlorella</i> sp. + <i>Bacillus subtilis</i> , M+Th: microalga <i>Parachlorella</i> sp. + <i>Trichoderma harzianum</i> , aos 5 dias. UFGD, Dourados, MS – 2024.	13
Figura 3. Aspecto visual de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: microalga <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>Bacillus subtilis</i> , Th: <i>Trichoderma harzianum</i> , M+Bs: microalga <i>Parachlorella</i> sp. + <i>Bacillus subtilis</i> , M+Th: microalga <i>Parachlorella</i> sp. + <i>Trichoderma harzianum</i> , aos 8 dias. UFGD, Dourados, MS – 2024.	14
Figura 4. Primeira contagem (A), protusão radicular (B) plântulas anormais (C) plântulas normais (D) de plântulas de soja provenientes de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>B. subtilis</i> , Th: <i>T. harzianum</i> , M+Bs: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> , M+Th: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> . UFGD, Dourados, MS – 2024.....	15
Figura 5. Rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro – QY_Max (a) e a supressão de <i>quenching</i> não fotoquímico – NPQ_Lss (b) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a salinidade. CK: controle (sem biopriming), M: microalga <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>Bacillus subtilis</i> , Th: <i>Trichoderma harzianum</i> M+Bs: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> , M+Th: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> . UFGD, Dourados, MS – 2024.....	16
Figura 6. Comprimento de raiz (A), da parte aérea (B) e total (C) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao <i>biopriming</i> com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem <i>biopriming</i>), M: <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>B. subtilis</i> , Th: <i>Trichoderma harzianum</i> , M+Bs: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> , M+Th: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> . UFGD, Dourados, MS – 2024.....	19
Figura 7. Massa Fresca Raiz (A), Massa Seca da Raiz (B) Massa Fresca da Parte Aérea (C) Massa Seca da Parte Aérea (D) Massa Fresca Total (E) Massa Seca Total - (F) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: <i>Parachlorella</i> sp., Bs: <i>B. subtilis</i> , Th: <i>Trichoderma harzianum</i> , M+Bs: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> , M+Th: <i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> . UFGD, Dourados, MS – 2024	20

LISTA DE SIGLAS

B - Biopriming

Bs - *Bacillus subtilis*

CK - Controle (sem biopriming)

Cl - Cloro

CPA- Comprimento da Parte Aérea

CR - Comprimento da Raiz

CT - Comprimento Total

M - Microalga *Parachlorella* sp.

M+B_s - Microalga *Parachlorella* sp. + *Bacillus subtilis*

M+Th - Microalga *Parachlorella* sp. + *Trichoderma harzianum*

MFPA - Massa Fresca da Parte Aérea

MFR - Massa Fresca da Raiz

MFT - Massa Fresca Total

MPa - Mega pascal

MSPA - Massa Seca da Parte Aérea

MSR - Massa Seca da Raiz

MST - Massa seca Total

Na⁺ - Sódio

NPQ_{Lss} - Supressão de quenching não fotoquímico

O₂ - Oxigênio

PA - Plântulas anormais

PC- Primeira contagem

PN - Plântulas Normais

PR - Protusão Radicular

QY_{Max} - Rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro

S - Salinidade

Th - *Trichoderma harzianum*

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	7
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1LOCAL DO EXPERIMENTO.....	9
2.2BIOPRIMING DAS SEMENTES E SALINIDADE	9
2.3CARACTERIZAÇÃO DOS BIOINSUMOS E INOCULAÇÃO	9
2.4AVALIAÇÕES.....	10
2.5ANÁLISES DE DADOS.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4. CONCLUSÃO.....	22
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual de mudanças climáticas globais tem sido amplamente discutido por fisiologistas e diversos profissionais ligados ao setor agrícola, incluindo a produção de soja (*Glycine max* L.), uma das commodities mais importantes no mercado nacional e internacional devido aos seus múltiplos usos. O estresse salino, resultante do excesso de íons como Na^+ e Cl^- , é uma condição adversa que tem se intensificado nos últimos anos, causando efeitos tóxicos que prejudicam a germinação das sementes, bem como o desempenho e o vigor das plântulas (NATH et al., 2019; CHAKRABORTY et al., 2022).

Essa condição dificulta a absorção de água e intensifica o estresse osmótico induzindo o déficit hídrico (IBRAHIMOVA et al., 2021; ZHOU et al., 2024). O estresse salino além de reduzir o potencial osmótico, dificulta o metabolismo respiratório e de reservas para o eixo embrionário (XU et al., 2023). Durante a formação das plântulas ocorre a emissão das folhas unifoliadas, as quais basicamente ainda dependem das reservas dos cotilédones. Entretanto, acredita-se que a exposição da semente a salinidade pode afetar os rendimentos fotoquímicos nessas folhas mesmo na fase de plântulas, ou seja, dissipação de energia e redução dos rendimentos fotoquímicos.

Assim, a adoção de práticas que possam aliviar o efeito estressante da salinidade tem sido foco de pesquisas. O condicionamento das sementes com insumos biológicos também conhecido como biopriming é uma estratégia promissora para mitigação dos efeitos negativos decorrentes do estresse osmótico e oxidativo, melhorando as condições para a germinação de sementes e o desempenho morfofisiológico das plantas em modo geral, além de atender os objetivos do desenvolvimento sustentável.

Dentre as opções de bioinsumos, as microalgas, organismos unicelulares e fotossintetizantes como as do gênero *Parachlorella* sp. tem ganhado destaque por atuarem na homeostase dos processos fisiológicos (ALVAREZ et al., 2021; SANTOS et al., 2024), pois favorece o aumento de aminoácidos, ativando o sistema eficiente de proteção (YOU et al., 2019; LARA et al., 2022). Além disso, as microalgas contribuem na síntese de fitohormônios e outros compostos não antioxidantes (LU; XU, 2015).

Outros bioinsumos com potencial de mitigação do estresse salino são os microrganismos multifuncionais, com destaque para *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* (BOAMAH et al., 2021; MISHRA et al., 2021). Esses microrganismos estimulam a síntese de fitohormônios e a atividade de enzimas e compostos antioxidantes (HASHEM et al., 2019; ALGHUTHAYMI et al., 2022; PELAGIO-FLORES et al., 2022), além de aumentar a disponibilidade de nutrientes

(POVEDA; EUGUI, 2022), favorecendo a fisiologia da germinação e das plântulas. Entretanto, ainda há lacunas nas informações sobre os mecanismos de proteção desses microrganismos isolados ou associados a microalgas no *biopriming* em sementes de soja.

Hipotetizamos que embora a soja seja sensível ao estresse salino, a inoculação da microalga *Parachlorella* associada ou não a *B. subtilis* e *T. harzianum* mitigam os efeitos negativos dessa condição, refletindo na homeostase da fluorescência cinética e desempenho de plântulas, induzindo tolerância. Com isso, objetivamos avaliar o potencial do biopriming isolado ou combinado de microalga e diferentes microrganismos em aliviar o efeito estressante da salinidade na soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O ensaio foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Sementes, na Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados – MS. No ensaio foi utilizada a cultivar 64i63 RSF IPRO (safra 2023-2024), proveniente de geração S1, cujo o peso de mil sementes (peneira 6,25) é de 154 g.

2.2. BIOPRIMING DAS SEMENTES E SALINIDADE

As sementes foram submetidas a seis biopriming: sem biopriming, microalga *Parachlorella* sp., *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. Posteriormente, as sementes foram submetidas as seguintes a duas condições: i) controle (0,0 MPa, água destilada) e ii) salinidade, na qual as sementes foram expostas ao potencial osmótico de –0,8 MPa, induzido por cloreto de sódio (NaCl). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no qual os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 6 biopriming x 2 condições de salinidade, com quatro repetições de 50 sementes. A caracterização dos fatores em estudo encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das condições para a germinação e vigor de plântulas de soja sob estresse salino previamente submetidas ao biopriming de sementes isolado ou combinado de microalga *Parachlorella* sp., *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum*. UFGD, Dourados, MS – 2024.

Condição de salinidade	Biopriming
0.0 MPa (Controle)	Sem biopriming (CK)
	<i>Parachlorella</i> sp. (M)
	<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)
	<i>Trichoderma harzianum</i> (Th)
	<i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> (M + Bs)
	<i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> (M + Th)
–0.8 MPa, NaCl (Salinidade)	Sem biopriming (CK)
	<i>Parachlorella</i> sp. (M)
	<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)
	<i>Trichoderma harzianum</i> (Th)
	<i>Parachlorella</i> sp. + <i>B. subtilis</i> (M + Bs)
	<i>Parachlorella</i> sp. + <i>T. harzianum</i> (M + Th)

2.3. CARACTERIZAÇÃO DOS BIOINSUMOS E INOCULAÇÃO

A microalga *Parachlorella* sp. apresenta 5×10^6 células mL⁻¹, pH of 7.5, e contém 0,62% de N e 2,02% de carbono orgânico na solução, além de aminoácidos e fitohormônios em

sua composição molecular (SANTOS et al., 2024). O *Trichoderma harzianum* utilizado foi o isolado IB19/17 (2×10^9 conídios viáveis/g de produto formulado) e o *Bacillus subtilis* foi a estirpe UVF S1 (1×10^8 UFC mL⁻¹). Para o preparo das soluções com os microrganismos foi realizada a diluição dos produtos em água destilada conforme recomendações dos fabricantes, utilizando a dose padrão de 10 mL de solução por quilograma de semente.

Nos biopriming combinados, foi adicionado 5 mL da microalga + 5 mL do *T. harzianum* ou *B. subtilis*. As sementes foram acondicionadas em embalagens plásticas, inoculando o tratamento correspondente utilizando micropipeta, homogeneizando e deixando em repouso durante 45 minutos antes da semeadura.

2.4.AVALIAÇÕES

Respostas fenotípicas – foram realizados registros fotográficos do aspecto visual da parte aérea e raízes das plântulas aos 5 e 8 dias.

Germinação – foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, dispostas em rolo de papel Germitest® previamente umedecidos com água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram acondicionados em câmara germinadora com temperatura de 25 °C na presença de luz branca em fotoperíodo de 12 horas, e contabilizada aos 8 dias após a semeadura, considerando as plântulas normais e anormais de acordo com os critérios descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao final desse período, foram realizadas as análises de fluorescência cinética e vigor baseado no desempenho de plântulas.

Protrusão radicular e primeira contagem – foi conduzido com o teste de germinação, no qual aos 2 dias após a semeadura foi contabilizado o número de sementes que emitiram radícula com comprimento ≥ 1.0 cm. O registro das porcentagens de plântulas normais e anormais foi realizado no quinto dia após a semeadura conforme Brasil (2009).

Processos fotoquímicos: utilizou-se a técnica de fluorescência cinética por imagem, na qual as plântulas foram submetidas a condição de escuro durante 30 minutos com o intuito que os centros de reação estivessem abertos. Posteriormente, as folhas foram acondicionadas no Closed FluorCam FC 800-C (Photon Systems Instruments), constituído por painéis de LEDs (Figura 1) como fonte de excitação com intensidade de luz actínica acima de $2.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e câmera “charge-coupled device” (CCD). O registro visual da fluorescência na região a partir de 400 nm foi feito por imagem com resolução de 512×512 pixels a frequência máxima de 50 frames s⁻¹.

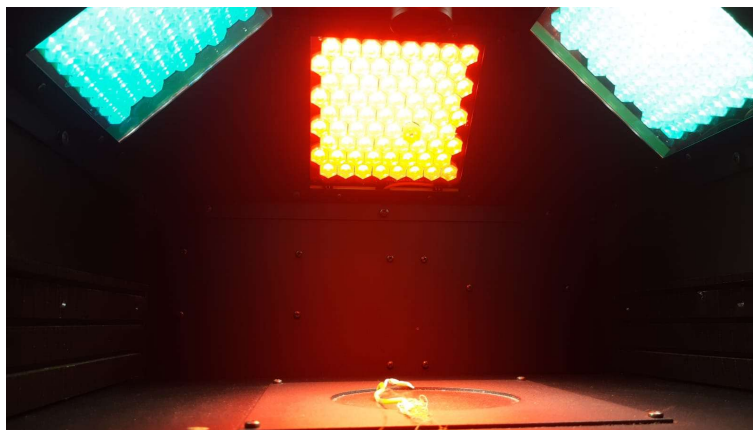


FIGURA 1. Painéis de LEDs no Closed FluorCam FC 800-C (Photon Systems Instruments). UFGD, Dourados – MS, 2024. Fonte: arquivo pessoal.

A luz branca foi utilizada como fonte de excitação, selecionando filtro somente para a emissão da clorofila na região de 680 nm, obtendo os valores do rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro (QY_Max) e a supressão de *quenching* não fotoquímico (NPQ_Lss).

Comprimentos de plântulas – aleatoriamente foram medidas 10 plântulas, no qual o comprimento da parte aérea foi determinado pela distância do coleto até a gema apical e o comprimento da raiz determinado pela medida da inserção até a coifa da raiz primária, ambas utilizando régua milimetrada.

Biomassas frescas e secas – as plântulas foram separadas em parte aérea e raízes, e pesadas as massas frescas em balança de precisão milesimal (0,0001 g), e posteriormente os materiais foram acondicionados em sacos de papel Kraft® e submetidas a secagem em estufa regulada a 60 °C com circulação forçada de ar durante 72 horas, e depois pesadas as biomassas secas e calculada a biomassa total.

2.5. ANÁLISES DE DADOS

Os dados de protrusão radicular, primeira contagem e germinação foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, os quais apresentaram todos valores normais. Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos pelo teste F ($p \leq 0.05$), as médias em função dos fatores isolados e das interações foram comparadas pelo teste de Scott-Knott para os biopriming das sementes com a microalga e os microrganismos e pelo teste t de Bonferroni para condições (controle e salinidade), ambos a $p \leq 0.05 \pm$ erro padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observamos que a soja é responsiva a salinidade induzida pelo NaCl, uma vez que reduziu os indicadores de germinação, fotoquímicos e o desempenho de plântulas, mas os biopriming com os bioinsumos aliviaram os efeitos estressantes dessa condição adversa, confirmando nossa hipótese inicial. Além disso, constatamos que a microalga *Parachlorella* sp. e o *B. subtilis* ou *T. harzianum* atuaram de maneira sinérgica entre eles, contribuindo positivamente nas plântulas de soja. Na tabela 2 é possível verificar que para todas as características avaliadas nas sementes e plântulas de soja foram influenciadas pela interação entre condições x biopriming.

Tabela 2. Resultados da análise de variância dos efeitos das condições de salinidade e biopriming e da interação sobre as características avaliadas em sementes e plântulas de soja

Características	<i>p</i> -valor			
	Salinidade (S)	Biopriming (B)	S × B	C.V. (%)
PR- Protusão Radicular	0,0408	<0,0001	0,0012	4,62
PC- Primeira contagem	0,0001	0,1705	0,0137	5,60
PN - Plântulas Normais	0,6711	0,0001	0,0407	8,76
PA - Plântulas anormais	0,9021	0,0001	0,0509	49,44
NPQ_Lss - Supressão de quenching não fotoquímico	0,0001	0,1705	0,0137	5,60
QY_Max - Rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro	0,0001	0,1705	0,0137	5,60
CPA- Comprimento da Parte Aérea	<0,0001	<0,0001	0,0071	9,36
CR - Comprimento da Raiz	0,0385	0,0003	0,0372	13,34
CT - Comprimento Total	0,0003	<0,0001	0,0105	9,87
MFPA - Massa Fresca da Parte Aérea	0,2534	0,0013	0,0042	5,76
MFR - Massa Fresca da Raiz	<0,0001	<0,0001	<0,0001	14,92
MFT - Massa Fresca Total	<0,0001	<0,0001	<0,0001	5,48
MSPA - Massa Seca da Parte Aérea	0,2534	0,0013	0,0042	5,76
MSR - Massa Seca da Raiz	<0,0001	<0,0001	<0,0001	14,92
MST - Massa seca Total	<0,0001	<0,0001	0,0001	5,48

Observamos que a exposição a salinidade induzida por NaCl refletiu negativamente nas respostas fenotípicas das plântulas de soja, na qual nessa condição as plântulas apresentaram menor vigor aos 5 dias, especialmente de parte aérea e raiz (Figura 2). Entretanto, pode-se

observar que o bioprimerio com os bioinsumos, especialmente a *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* resultou em plântulas com maior desenvolvimento das raízes laterais e da raiz. Na condição controle ainda aos 5 dias, as sementes que receberam bioprimerio com *T. harzianum* e *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* refletiram em plântulas com maior comprimento e volume radicular.

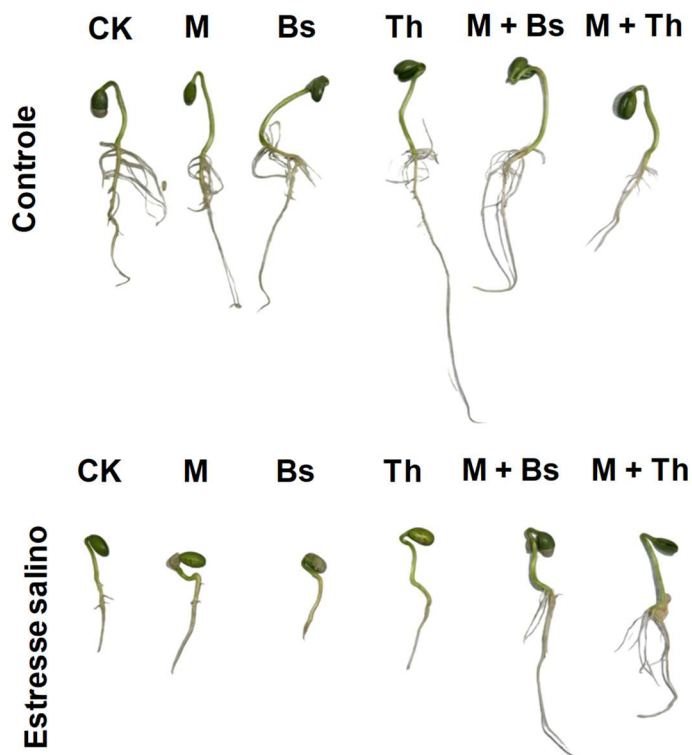


FIGURA 2. Aspecto visual de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao bioprimerio com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem bioprimerio), M: microalga *Parachlorella* sp., Bs: *Bacillus subtilis*, Th: *Trichoderma harzianum*, M+Bs: microalga *Parachlorella* sp. + *Bacillus subtilis*, M+Th: microalga *Parachlorella* sp. + *Trichoderma harzianum*, aos 5 dias. UFGD, Dourados, MS – 2024.

Fonte: arquivo pessoal.

Aos 8 dias após a semeadura, as plântulas expostas a salinidade tiveram menores respostas fenotípicas. O bioprimerio com o *T. harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* resultou em plântulas melhores em sua parte aérea, no qual observamos a abertura dos cotilédones e emissão das primeiras folhas gêmulas e em sua formação de raiz principal e raízes laterais (Figura 3). A salinidade ocasionada pelo NaCl é uma condição adversa que reduz drasticamente o potencial osmótico e de turgor (NAVADA et al., 2020; MUHAMMAD et al., 2024), prejudicando o vigor das plantas, especialmente nas características fisiológicas das sementes e plântulas, refletindo nas respostas fenotípicas, tal

como observado em nosso estudo e no trabalho de Soares et al. (2015), no qual descreveram que plântulas de soja tiveram respostas fenotípicas negativas quanto expostas ao estresse salino.

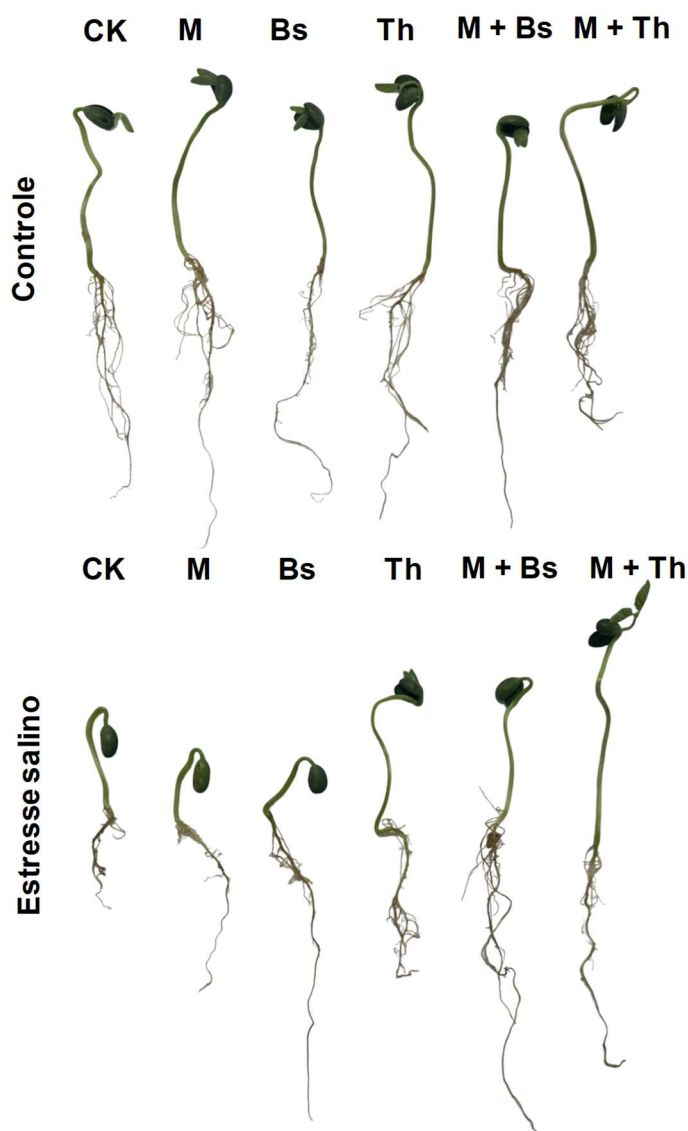


FIGURA 3. Aspecto visual de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao bioprimeiro com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem bioprimeiro), M: microalga *Parachlorella* sp., Bs: *Bacillus subtilis*, Th: *Trichoderma harzianum*, M+Bs: microalga *Parachlorella* sp. + *Bacillus subtilis*, M+Th: microalga *Parachlorella* sp. + *Trichoderma harzianum*, aos 8 dias. UFGD, Dourados, MS – 2024.

Fonte: arquivo pessoal.

Embora não tenha verificado diferença estatística para primeira contagem entre a condição controle comparada a salinidade nas sementes sem bioprimeiro, observamos que o uso do bioprimeiro com os bioinsumos na condição controle contribuíram positivamente. Sob salinidade os bioprimeiros com *T. harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp.

+ *T. harzianum* favoreceram a Primeira Contagem (PC) diferindo estatisticamente aos demais biopriming nessa mesma condição (Figura 4A).

A exposição das sementes a salinidade promove efeitos que dificultam o potencial germinativo, pois a embebição das sementes é prejudicada devido a redução do potencial osmótico (IRIK e BIKMAZ, 2024), alterando o padrão de vigor de plântulas normais. Estes efeitos são acarretados devido ao excesso de cloreto e sódio nos quais resultam em estresse iônico, osmótico e oxidativo (HASEGAWA et al., 2000). Esses estresses desencadeiam espécies reativas de oxigênio que afetam o metabolismo respiratório, a fisiologia da semente e a integridade do genoma (HORBACH et al., 2018; PAGANO et al., 2019).

Com relação a protusão radicular observou-se que na condição de salinidade obteve valores maiores nos tratamentos com *T. harzianum*, *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*, enquanto que ao realizar os demais biopriming os valores foram menores (Figura 4B). A percentagem de plântulas anormais aumentou de maneira acentuada sob a condição salina nas sementes sem biopriming, diferindo estatisticamente dos biopriming isolados ou combinados (Figura 4C). No que se refere as plântulas normais não verificamos variação estatística na condição controle, mas na condição salina apenas as sementes sem o biopriming tiveram menor valor (Figura 4D).

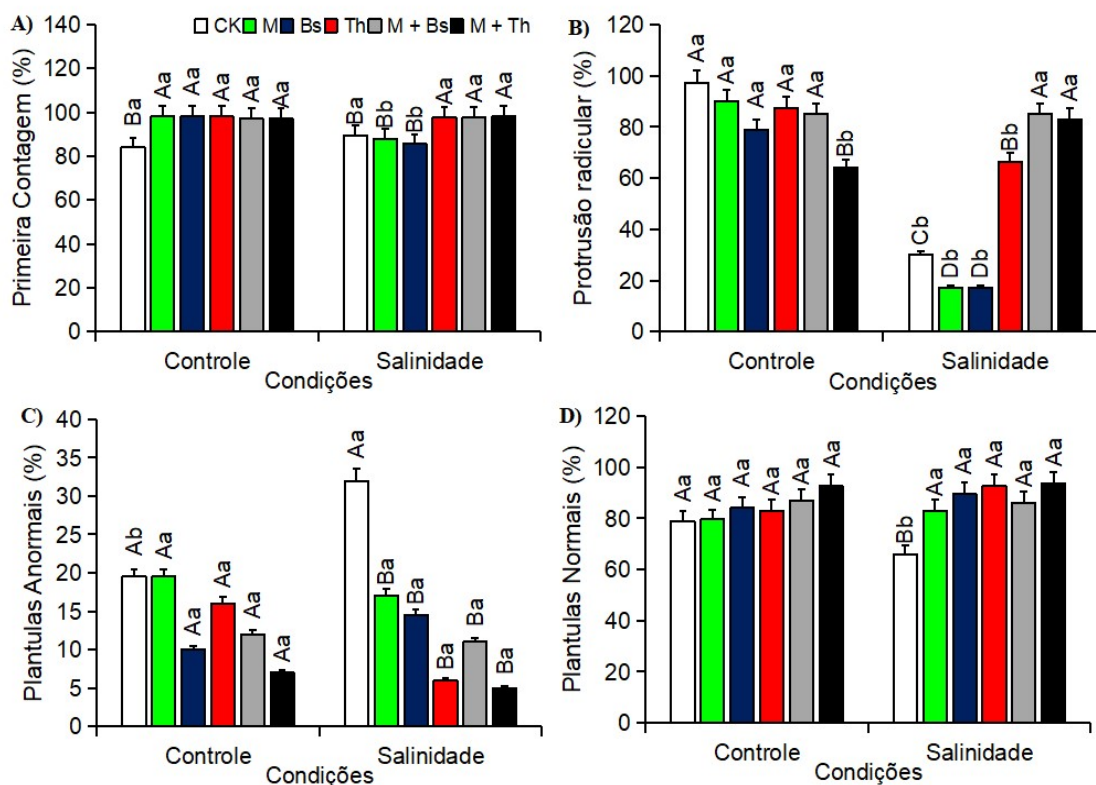


FIGURA 4. Primeira contagem (A), protusão radicular (B) plântulas anormais (C) plântulas normais (D) de plântulas de soja provenientes de sementes submetidas ao *biopriming* com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: *Parachlorella* sp., Bs: *B. subtilis*, Th: *T. harzianum*, M+B: *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, M+Th: *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. UFGD, Dourados, MS – 2024.

Fonte: arquivo pessoal.

Além de afetar diretamente a germinação, a protusão radicular tendem a expressar efeitos análogos ao déficit hídrico, afetando de forma negativa o desenvolvimento das plântulas normais e atrasar sua emissão e do estande de produção (ZHANG et al. 2018; SINGH et al., 2022; XIAO e ZHOU, 2023).

O acúmulo de Na^+ e Cl^- é um fator resultante para estes efeitos, nos quais resultam em alteração do equilíbrio de íons e a oferta de nutrientes minerais a semente, diminuindo a divisão celular e no desenvolvimento do embrião (MOSS e HOFFMAN, 1997; MER et al., 2000; OLIVEIRA, 2020). Além disso, os sais de maior solubilidade tendem a ser nocivos, causando efeitos tóxicos ou limitantes que podem resultar em distúrbios fisiológicos e minimizar a germinação não permitindo expressar seu potencial máximo (LIMA et al., 2001; SAINI et al., 2018; ZHAO et al., 2024). Similarmente, os efeitos negativos da salinidade sobre a germinação (plântulas normais) também foram observados em outras espécies tais como feijão (VASO et al., 2021) e girassol (PACHECO et al., 2020).

Os valores de rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro (QY_Max) não variaram estatisticamente na condição controle. No entanto, quando submetidas à salinidade, os valores de QY_Max reduziram de maneira acentuada nas plântulas não submetidas ao *biopriming*. Em contraste, as plântulas inoculadas com os bioinsumos isolados, especialmente *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* ou *T. harzianum*, mostraram uma menor redução nos valores de QY_Max (Figura 5A).

Em relação a supressão de *quenching* não fotoquímico (NPQ_Lss), verificamos aumento nas plântulas provenientes dos biopriming com *B. subtilis* e com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, enquanto os biopriming das sementes contendo *T. harzianum* tiveram menor valor, ambas na condição controle (Figura 5 B). Observou-se que sob salinidade as plântulas provenientes sem biopriming tiveram maior valor de NPQ_Lss em comparação as demais nessa mesma condição e quando comparada a condição controle também sem biopriming (Figura 5B). As plântulas provenientes das sementes com biopriming contendo *B. subtilis* isolado ou associado a microalga na condição salinidade tiveram menor valor em comparação a condição controle.

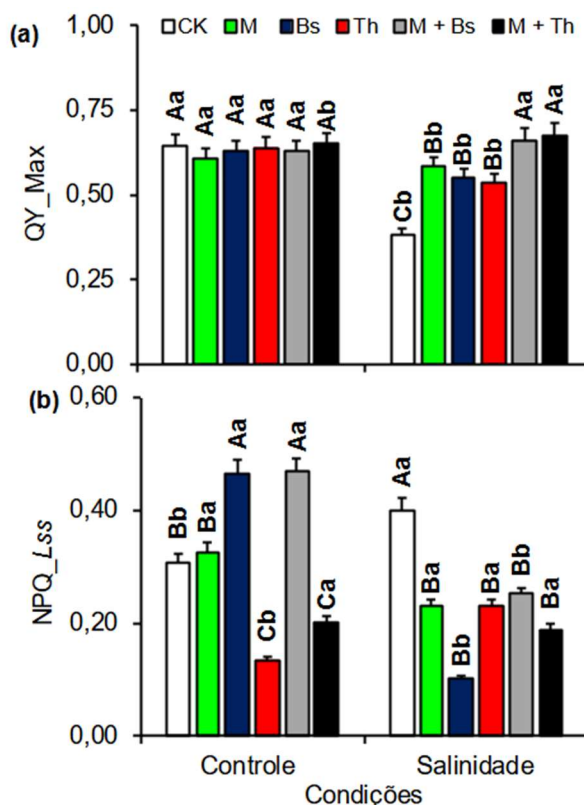


FIGURA 5. Rendimento máximo do fotossistema II após a adaptação ao escuro – QY_Max (a) e a supressão de *quenching* não fotoquímico – NPQ_Lss (b) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao bioprimering com microalga e microrganismos e expostas a salinidade. CK: controle (sem bioprimering), M: microalga *Parachlorella* sp., Bs: *Bacillus subtilis*, Th: *Trichoderma harzianum* M+Bs: *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, M+Th: *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. UFGD, Dourados, MS – 2024. Fonte: arquivo pessoal.

Sob estresse salino ocorre alteração na integridade das membranas celulares, uma vez que nessa condição a taxa de extravasamento de eletrólitos é maior devido a superprodução de EROs (ZHANG et al., 2024). Entretanto, a inoculação dos bioinsumos favorecem a homeostase do aparato fotoquímico das plântulas, sugerindo melhor aproveitamento dos elétrons, evitando sua dissipação, pois embora não tenhamos determinado, esses produtos modulam a síntese aminoácidos que favorecem a osmorregulação e o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, ambos atuando na desintoxicação (HASHIM et al., 2019; ALGHUTHAYMI et al., 2022; PELAGIO-FLORES et al., 2022), refletindo na redução de plântulas anormais conforme observado em nosso estudo.

Na condição controle não houve diferença estatística entre os bioprimering para nenhuma dessas características avaliadas (Figura 6). Em geral, observamos redução dos comprimentos das plântulas na condição salina sem o bioprimering, especialmente comparada a condição controle. Para o comprimento da raiz sob salinidade os maiores valores foram

observados nas plântulas provenientes das sementes que receberam o biopriming com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* (Figura 6A).

Em geral, os efeitos dos bioinsumos testados aqui em nosso trabalho são variados e apresentam diferentes mecanismos de ação. A microalga *Parachlorella* sp. apresenta em sua composição fitohormônios que como o ácido abscísico e giberélico que embora não tenha contribuído isoladamente sobre os indicadores de germinação, mas favoreceram a fisiologia da semente, atuando de maneira eficiente no desempenho de plântulas por atuar no alongamento celular e de promover o crescimento radicular das plantas (TARAKHOVSKAYA et al., 2007, LU; XU, 2015; STIRK; STADEN, 2020). Quieregati et al. (2024) descrevem que os polissacarídeos presentes nas microalgas, são grupos funcionais que atuam na ligação com outros microelementos importantes na nutrição das plantas, sugerindo ação biofertilizante e bioestimulante. Na microalga por exemplo, em sua composição contém aminoácidos que atuam na osmorregulação (LARA et al., 2022), tornando-se um importante mecanismo de tolerância.

A inoculação com *B. subtilis* favorece a regulação do crescimento das plantas, especialmente por contribuir no crescimento radicular (MIRIAN et al., 2024). Isso, porque na literatura esse grupo de bactérias favorece a síntese de auxina, além de secretar algumas enzimas que atuam de maneira conjunta no metabolismo de proteção e induzem expansão radicular (POWAR e JAGANNATHAN, 1982; ARIAS et al., 2021; ALI et al., 2022). Contém produção de fitohormônios durante seu desenvolvimento, proporcionando o estímulo no desenvolvimento radicular (MIRIAN et al., 2024).

No que se refere ao *T. harzianum*, auxiliam na germinação de sementes (TRIBONI et al., 2021). Além disso, diferentes estudos demonstram que a ativação do ácido jasmônico, auxina e outras vias induzindo tolerância (MEDINA et al., 2017; WOO et al., 2022) e outros osmólitos e aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, protegendo do estresse oxidativo por eliminar EROs e reciclar o ascorbato e a glutatona anteriormente oxidados pelo fator estressor (CHENG et al., 2023; MASTOURI et al., 2012; AHMAD et al., 2015), como também pode auxiliar a planta na retenção de água (WOLKWEIS et al., 2023).

Considerando os efeitos benéficos dos biopriming da associação da microalga com os demais microrganismos, levantamos o seguinte questionamento: como a microalga *Parachlorella* sp. e os microrganismos *B. subtilis* e *T. harzianum* atuaram de maneira sinérgica?

De acordo com Solomon et al. (2023) a relação entre esses bioinsumos é benéfica, pois as microalgas produzem O₂ e produtos químicos extracelulares como carboidratos, proteínas, entre outros, enquanto que as bactérias fornecem às microalgas dióxido de carbono, vitaminas, nutrientes e outros constituintes de interesse em troca, mantendo essa relação

amigável. Ambos os constituintes sintetizados pelos diferentes bioinsumos são disponibilizadas as plântulas (SALOMON et al., 2023), atuando de maneira benéfica no seu crescimento.

Em nosso estudo, observamos que essa associação foi positiva e na maioria das vezes melhor dos que os insumos isolados, atuando na indução da tolerância da soja a salinidade devido a presença das biomoléculas sintetizadas e disponibilizadas por esses bioinsumos, refletindo no melhor desempenho de plântulas.

Os comprimentos da parte aérea e total seguiram a mesma tendência de resposta. As plântulas submetidas ao *biopriming* com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* apresentaram os maiores valores, seguidas estatisticamente pelo *T. harzianum* e pela microalga isolados para CPA, sem diferenças estatísticas em relação à condição controle nesses mesmos *biopriming* (Figura 6B). No comprimento total, apenas as sementes que não receberam nenhum *biopriming* mostraram valores menores (Figura 6C).

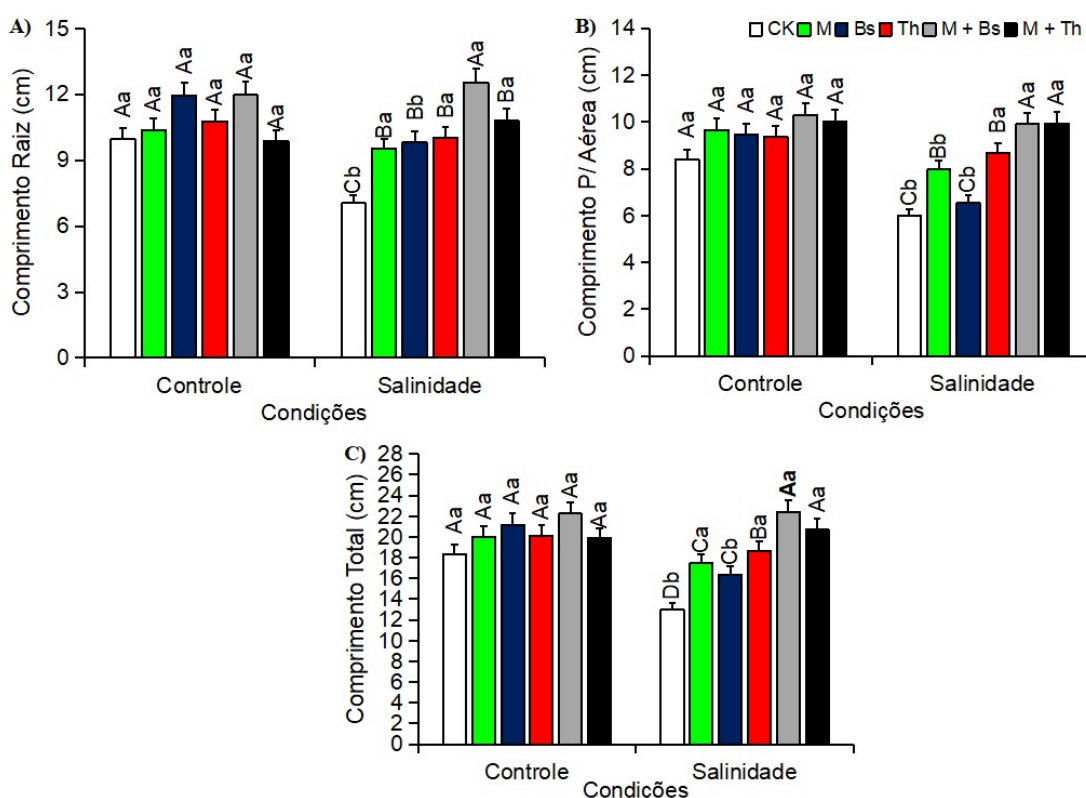


FIGURA 6. Comprimento de raiz (A), da parte aérea (B) e total (C) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao *biopriming* com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem *biopriming*), M: *Parachlorella* sp., Bs: *B. subtilis*, Th: *Trichoderma harzianum*, M+Bs: *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, M+Th: *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. UFGD, Dourados, MS – 2024

Fonte: arquivo pessoal.

As massas frescas das plântulas, na condição controle apresentaram maiores valores quando se utilizou o *biopriming* com a microalga e com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e

Parachlorella sp. + *T. harzianum* (Figuras 7A, C, E). Na condição salina, todas as massas frescas com os biopriming incluíram maior valor, especialmente da associação da microalga com o *B. subtilis* ou *T. harzianum*, diferindo estatisticamente das sementes biopriming.

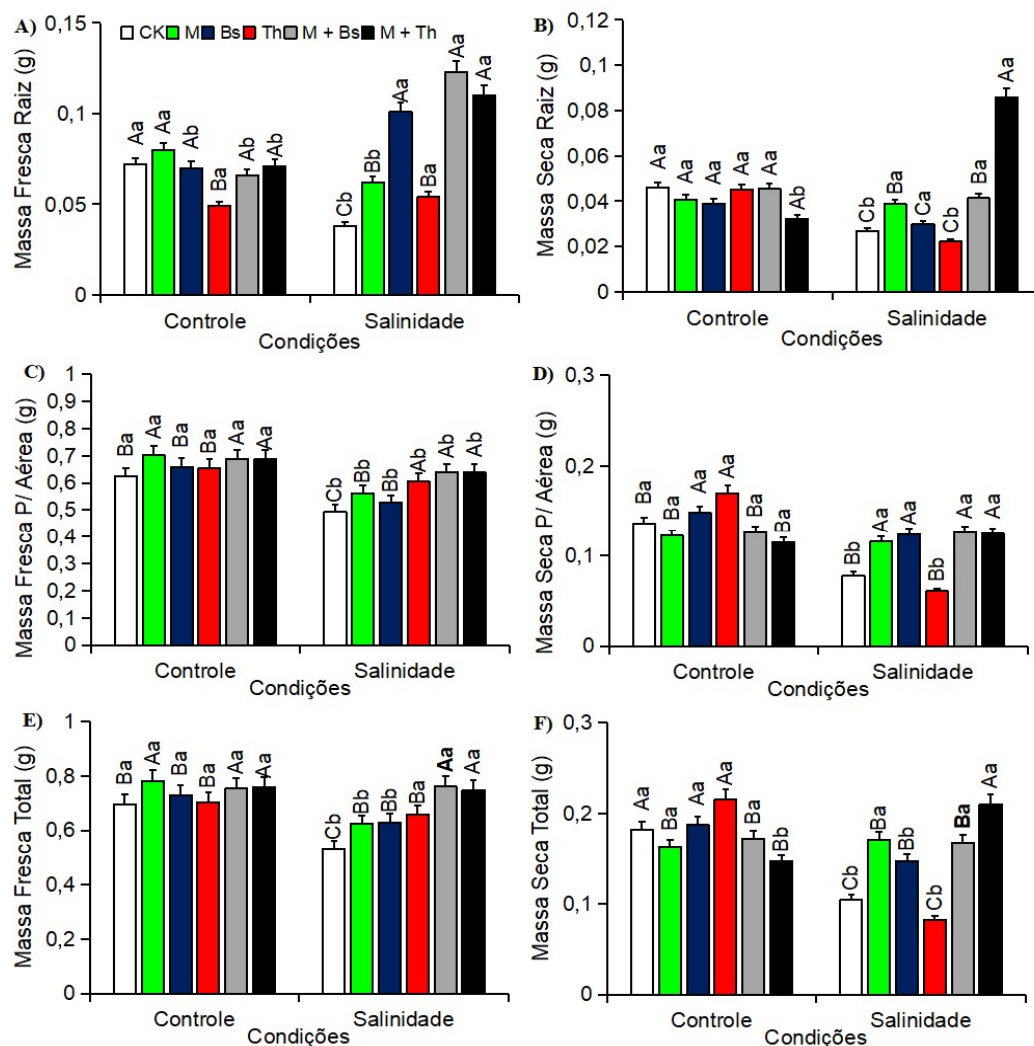


FIGURA 7. Massa Fresca Raiz (A), Massa Seca da Raiz (B) Massa Fresca da Parte Aérea (C) Massa Seca da Parte Aérea (D) Massa Fresca Total (E) Massa Seca Total - (F) de plântulas de soja proveniente de sementes submetidas ao biopriming com microalga e microrganismos e expostas a estresse salino. CK: controle (sem biopriming), M: *Parachlorella* sp., Bs: *B. subtilis*, Th: *Trichoderma harzianum*, M+Bs: *Parachlorella* sp. + *B. subtilis*, M+Th: *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*. UFGD, Dourados, MS – 2024

Fonte: arquivo pessoal.

A massa seca da raiz foi maior na condição salina nas plântulas provenientes das sementes com biopriming de *Parachlorella* sp. + *T. harzianum*, diferindo estatisticamente das sementes sem biopriming (Figura 7B). Embora as plântulas tenham reduzido os valores em comparação a condição controle, aquelas condicionadas a microalga, *B. subtilis* isolados e

microalga associada ao *B. subtilis* e ao *T. harzianum* obtiveram valores que não diferiram da condição controle.

A massa seca da parte aérea e total registraram a mesma tendência de resposta, no qual na condição controle o biopriming com *B. subtilis* e *T. harzianum* isolados contribuíram no aumento dessas características (Figura 7D e 7F). Sob salinidade os biopriming com *Parachlorella* sp. + *B. subtilis* e *Parachlorella* sp. + *T. harzianum* alcançaram maiores valores, diferindo estatisticamente dos demais biopriming nessa mesma condição, mas se comparada as controle os valores foram semelhantes estatisticamente. Ressalta-se que os biopriming com *B. subtilis* e *T. harzianum* isolados embora menores que aos valores daquelas associadas a microalga, foram maiores que as plântulas provenientes das sementes sem biopriming. Gul et al. (2022) observaram aumento da biomassa de *Tritium aestivum* L. sob estresse salino, e os autores associaram essa resposta a sinalização e síntese hormonal, que contribui na diferenciação celular e acúmulo de fotoassimilados.

No contexto prático, os biopriming contribuem com a melhoria na fisiologia da semente, e consequentemente na germinação das sementes e emergência das plântulas, refletindo no estabelecimento mais rápido e uniforme da cultura no campo. Ainda, os bioinsumos aqui testados são amplamente disponíveis no mercado e de preços acessíveis. Dentre os benefícios, os bioinsumos atuam na proteção contra fatores bióticos e abióticos, favorecendo a indução da tolerância, além de contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável e na bioeconomia. Em perspectivas futuras, sugere-se novos estudos nessas condições visando a determinação da atividade de enzimas antioxidantes com o intuito de conhecer os modos de ação desses bioinsumos sobre o metabolismo de proteção que induzem a tolerância a salinidade.

4. CONCLUSÃO

A soja cv. 64i63 RSF IPRO é responsiva e sensível ao estresse salino induzido por NaCl reduzindo o vigor das plântulas. Os biopriming com os bioinsumos aliviaram os efeitos estressantes da salinidade, especialmente de microalga *Parachlorella* sp. associado a *T. harzianum* ou *B. subtilis*, regulando os rendimentos fotoquímicos e contribuindo no desempenho de plântulas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, Parvaiz et al. Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 868, 2015.
- ALGHUTHAYMI, M. A. et al. *Trichoderma*: An Eco-Friendly Source of Nanomaterials for Sustainable Agroecosystems. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 4, p. 367–367, 2 abr. 2022.
- ALI, Q. et al. Revealing plant growth-promoting mechanisms of *Bacillus* strains in elevating rice growth and its interaction with salt stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2 set. 2022.
- ALVAREZ, A. L. et al. Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. **Algael Research**, v. 54, p. 102200, abr. 2021.
- ARIAS, M. D. et al. Effect of *Bacillus subtilis* on antioxidant enzyme activities in tomato grafting. **PeerJ**, v. 9, p. e10984–e10984, 12 mar. 2021.
- BALMORI, D. M.; SPACCINI, R.; AGUIAR, N. O. A.; NOVOTNY, E. H.; OLIVARES, F.L.; CANELLAS, L. P. Molecular Characteristics of Humic Acids Isolated from Vermicomposts and Their Relationship to Bioactivity. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.62, p.11412–11419, 2014.
- BERG, G. et al. Biocontrol and Osmoprotection for Plants under Salinated Conditions. **Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere**, p. 587–592, 18 mar. 2013.
- BOAMAH, S. et al. The Role of *Trichoderma* Species in Plants Response to Salt Stress. **Asian Journal of Research in Crop Science**, p. 28–43, 2021.
- CHAKRABORTY, Koushik et al. Interplay between sodium and chloride decides the plant's fate under salt and drought stress conditions. In: **Plant nutrition and food security in the era of climate change**. Academic Press, 2022. p. 271-314.
- CHENG, L.; XU, Z.; ZHOU, X. Application of *Trichoderma* species increases plant salinity resistance: a bibliometric analysis and a meta-analysis. **Journal of Soils and Sediments**, v. 23, n. 7, p. 2641–2653, 30 maio 2023.
- GUL, S. et al. Application of *Bacillus subtilis* for the Alleviation of Salinity Stress in Different Cultivars of Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agronomy**, v. 13, n. 2, p. 437, 1 fev. 2023.
- HAMEED, Asiya et al. Salinity stress and arbuscular mycorrhizal symbiosis in plants. **Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses**. Volume 1.p. 139-159, 2014.
- HASHEM, A.; TABASSUM, B.; FATHI ABD_ ALLAH, E. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291–1297, set. 2019.
- HORBACH, M. A. et al. Physiological quality and seed respiration of primed *Jatropha curcas* seeds. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 1, p. 63–69, 6 nov. 2017.

İBRAHIMOVA, U. et al. Progress in understanding salt stress response in plants using biotechnological tools. **Journal of Biotechnology**, v. 329, p. 180–191, 10 mar. 2021.

IRIK, Hasan Ali; BIKMAZ, Gülsah. Efeito de diferentes salinidades na germinação de sementes, parâmetros de crescimento e teores bioquímicos de sementes de abóbora (*Cucurbita pepo* L.). **Relatórios Científicos**, v. 14, n. 1, p. 6929, 2024.

KHAJEH, M. H. et al. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soyabean seeds. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 715–725, 1 out. 2003.

LARA, G. B. DE et al. Microalga improve the growth, yield, and contents of sugar, amino acid, and protein of tomato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, 2022.

LIMA, K. L.; CAVALCANTE, L. F.; FEITOSA FILHO, J. C. Efeito de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 21, n. 2, p. 135-144, 2001.

LU, Y.; XU, J. Phytohormones in microalgae: a new opportunity for microalgal biotechnology? **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 5, p. 273–282, maio 2015.

MARQUES, C. E. et al. Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. **Científica Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 993–999, 1 dez. 2011.

MARTÍNEZ, A. M. et al. Impact of salicylic acid- and jasmonic acid-regulated defenses on root colonization by *Trichoderma harzianum* T-78. **Plant Signaling & Behavior**, v. 12, n. 8, p. e1345404, 3 ago. 2017.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. *Trichoderma harzianum* Enhances Antioxidant Defense of Tomato Seedlings and Resistance to Water Deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions®**, v. 25, n. 9, p. 1264–1271, set. 2012.

MER, R. K. et al. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Malden, v. 185, n. 4, p. 209-217, 2000.

MISHRA, P.; MISHRA, J.; ARORA, N. K. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants – Recent developments and prospects: A review. **Microbiological Research**, v. 252, p. 126861, 2021.

MOSS, D. N.; HOFFMAN, G. J. Analysis of crop salt tolerance data. In: SHAIN, I.; SHALHEVET, J. Soil salinity under irrigation: process and management. **Berlin: Ecological**, 1977. p. 258-271.

MOURA GUERRA, Antonia Mirian Nogueira et al. FORMAS DE APLICAÇÃO DE *BACILLUS METHYLOTROPHICUS* E *BACILLUS SUBTILIS* NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MILHO. **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 6, n. 1, p. 94-106, 2024.

MUHAMMAD, M. et al. Soil salinity and drought tolerance: An evaluation of plant growth, productivity, microbial diversity, and amelioration strategies. **Plant Stress**, v. 11, p. 100319, 1 mar. 2024.

NATH, M. et al. Salt stress triggers augmented levels of Na⁺, Ca²⁺ and ROS and alter stressresponsive gene expression in roots of CBL9 and CIPK23 knockout mutants of *Arabidopsis thaliana*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 161, p. 265–276, 1 maio 2019.

NAVADA, S. et al. Biofilms remember: Osmotic stress priming as a microbial management strategy for improving salinity acclimation in nitrifying biofilms. **Water Research**, v. 176, p. 115732, jun. 2020.

PAGANO, Andrea et al. Oxidative stress and antioxidant defense in germinating seeds: A Q&A session. **Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms**, p. 267-289, 2019.

OLIVEIRA, Daniel Farias de. **ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E METABÓLICAS ASSOCIADAS COM A TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM SORGO**. 2020. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Bioquímica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

POVEDA, J.; EUGUI, D. Combined use of *Trichoderma* and beneficial bacteria (mainly *Bacillus* and *Pseudomonas*): Development of microbial synergistic bio-inoculants in sustainable agriculture. **Biological Control**, v. 176, p. 105100, 2022.

QUIEREGATI, João Pedro Bauman. **Extração e Quantificação de polissacarídeos Sulfatados da microalga nannochloropsis oculuta e avaliação da atividade antioxidante in vitro**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RAMÓN PELAGIO-FLORES et al. Exploiting biostimulant properties of *Trichoderma* for sustainable plant production. **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering Sustainable Agriculture: Microorganisms as Biostimulants**, p. 17–32, 2022.

SAINI, S.; KAUR, N.; PRATAP KUMAR PATI. Reactive oxygen species dynamics in roots of salt sensitive and salt tolerant cultivars of rice. **Analytical biochemistry**, v. 550, p. 99–108, 1 jun. 2018.

SINGH, A. L. et al. Salt Stress Alleviation Strategies to Maintain Potassium Homeostasis in Plants. **Springer e Singapura**, p. 183–200, 1 jan. 2022.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.

SALOMÃO, Wogene et al. Benefício potencial das microalgas e sua interação com bactérias para a produção agrícola sustentável. **Regulação do Crescimento Vegetal**, v. 101, n. 1, p. 53-65, 2023.

STIRK, W. A.; VAN STADEN, J. Potential of phytohormones as a strategy to improve microalgae productivity for biotechnological applications. **Biotechnology Advances**, v. 44, p. 107612, nov. 2020.

TARAKHOVSKAYA, E. R.; MASLOV, YU. I.; SHISHOVA, M. F. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 54, n. 2, p. 163–170, abr. 2007.

TRIBONI, Yago de Barros. **CONTROLE BIOLÓGICO COM *Trichoderma* spp. E *Bacillus* spp. PARA O TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill.]**. 2021. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrônômicas, Unesp, Botucatu, 2021.

VASO, Larissa Maria et al. Avaliação da germinação de milho e feijão sob efeito de biofertilizantes. **Revista Brasileira de Gestao Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 18, p. 371-380, 2021.

VOLKWEIS, Henrique Scariot. **USO DE DIFERENTES DOSES DE TRICHODERMA HARZIANUM APLICADO NO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE REPOLHO**. 2023. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2023.

XU, N. et al. Effects of salt stress on seed germination and respiratory metabolism in different *Flueggea suffruticosa* genotypes. **PeerJ**, v. 11, p. e15668–e15668, 19 jul. 2023.

YOU, Z. et al. Lipid Droplets Mediate Salt Stress Tolerance in *Parachlorella kessleri* 1. **Plant Physiology**, v. 181, n. 2, p. 510–526, 2019.

ZANDONADI, D.B.; BUSATO, J.G. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators. **IJESER**, v.3, n.2, p 73- 84, 2012.

ZHANG, R. et al. Effect of salt-alkali stress on seed germination of the halophyte *Halostachys caspica*. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 13199, 8 jun. 2024.

ZHANG, Y. et al. Sensing of Abiotic Stress and Ionic Stress Responses in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 11, p. 3298, 24 out. 2018.

ZHAO, K. et al. PagMYB73 enhances salt stress tolerance by regulating reactive oxygen species scavenging and osmotic maintenance in poplar. **Industrial crops and products**, v. 208, p. 117893–117893, 1 fev. 2024.

ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, 28 ago. 2023.

WOO, S. L. et al. Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. **Nature Reviews Microbiology**, 22 nov. 2022.