

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO CONDICIONADAS  
COM DIFERENTES DOSAGENS DE BRASSINOLÍDE**

**LAYANE SOARES DOS SANTOS**

**Rio Verde, GO**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO CONDICIONADAS  
COM DIFERENTES DOSAGENS DE BRASSINOLÍDE**

**LAYANE SOARES DOS SANTOS**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Fátima Sales

Rio Verde – GO  
Novembro, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Santos, Layane Soares dos

S237q      Qualidade de sementes de milho condicionadas com diferentes dosagens de brassinolíde / Layane Soares dos Santos ; orientadora Juliana de Fátima Sales. -- Rio Verde, 2024.

31 f.

TCC (Bacharelado em Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Hormônio vegetal. 2. Qualidade fisiológica. 3.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

## 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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Layane Soares Dos Santos

Matrícula:

2021102200240504

Título do trabalho:

Qualidade de sementes de milho condicionadas com diferentes dosagens de brassinolide.

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 10 / 12 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

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

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que 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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, 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;
- Que 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- GO

Local

10 / 12 / 2024

Data

*Layane Soares dos Santos*

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

*Bales*  
Assinatura do(a) orientador(a)



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

Ata nº 99/2024 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

Regulamento de Trabalho de Curso (TC) - IF Goiano - Campus Rio Verde

**ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO .**

Aos vinte e sete dias do mês de novembro de dois mil e vinte e quatro, às 08 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Profa. Juliana de Fátima Sales (orientadora), Prof. Arthur Almeida Rodrigues (membro interno) e Prof. Douglas Almeida Rodrigues (membro interno), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "Qualidade de sementes de milho condicionadas com diferentes dosagens de brassinólida" de Layane Soares dos Santos, estudante do curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2021102200240504. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato 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, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.

Rio Verde, 27 de novembro de 2024.

Juliana de Fátima Sales

Orientador(a)

Arthur Almeida Rodrigues

Membro

Douglas Almeida Rodrigues

Membro

Pablo da Costa Gontijo

Mediador de TC

Documento assinado eletronicamente por:

- Juliana de Fatima Sales, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/11/2024 13:14:39.
- ARTHUR ALMEIDA RODRIGUES, ARTHUR ALMEIDA RODRIGUES - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 02/12/2024 17:31:47.
- Pablo da Costa Gontijo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/12/2024 14:10:20.
- Douglas Almeida Rodrigues, 2022202344060005 - Discente, em 03/12/2024 16:51:50.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/11/2024. 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: 656387  
Código de Autenticação: 801973b86d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3624-1000

**Dedico este trabalho a Deus.**

**“O coração do homem planeja o seu caminho, mas o senhor lhe dirige os passos.” –**

**Provérbios 16:9**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus. Sou profundamente grata, pois foi Ele quem me deu forças e me capacitou para alcançar todas as minhas conquistas e nunca desistir dos meus objetivos.

Desejo expressar minha sincera gratidão à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, enfrentando desafios e indo além do possível para me criar com amor e educação. Sua dedicação incansável e incentivo constante foram fundamentais para meu crescimento pessoal, ajudando-me a me tornar a estudante, mulher, amiga, namorada e filha que sou hoje. Sem sua força e comprometimento, nada disso teria sido possível. Este trabalho é, em parte, fruto do seu amor e suporte constante

Meu reconhecimento também vai para o meu padrasto, Valdomiro Rodrigues, que entrou na minha vida quando eu tinha apenas 5 aninhos e, desde então, tem sido um verdadeiro pai para mim, cuidando de mim com todo o carinho e atenção que alguém poderia desejar.

Ao meu pai, sou imensamente grata pelo apoio constante, mesmo que a vida, às vezes, nos mantenha distantes. Mesmo que eu não diga com frequência, meu respeito e admiração por sua dedicação são enormes.

E, claro, aos meus irmãos, Igor, Lorrane e Sofia, que são mais do que apenas irmãos, são meus melhores amigos. Vocês estão sempre ao meu lado, nos momentos bons e ruins, e sei que posso contar com vocês incondicionalmente. A amizade e o apoio de vocês significam o mundo para mim, e sou muito grata por tê-los na minha vida. Em especial, a Lorrane que sempre esteve disposta a me ajudar em qualquer dificuldade encontrada durante minha vida acadêmica.

Gostaria de dedicar um especial agradecimento ao meu namorado, Henrique, pelo seu apoio incondicional ao longo desta jornada acadêmica. Sua paciência, compreensão e encorajamento foram essenciais para que eu conseguisse superar os desafios e alcançar meus objetivos. Sua presença constante e seu carinho foram um alicerce importante, e sou imensamente grata por ter você ao meu lado, sempre acreditando em mim e me motivando a seguir em frente.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos que fiz durante a faculdade, vocês tornaram a caminhada mais leve. Lois Natiê e Maria Eduarda, agradeço imensamente por terem estado comigo, me ajudando a superar os meus momentos de dificuldades. Obrigada pela amizade, disposição, paciência e amor.

Na área da pesquisa, meu primeiro agradecimento vai para minha orientadora, Juliana Sales, que desde o início da minha jornada na agronomia, até o último período, acreditou em mim e desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento deste projeto. Sua orientação e apoio foram cruciais em cada etapa do caminho.

Sou igualmente grata a todos os orientadores de iniciação científica que tive o privilégio de conhecer, com um agradecimento especial ao meu primeiro orientador, Lucas Anjos. Sua paciência e dedicação em me ensinar os fundamentos da área científica foram excepcionais e profundamente valiosas.

Agradeço de coração ao Arthur Almeida Rodrigues por sua parceria e suporte contínuo na realização de grande parte das minhas iniciações científicas. Seu desejo de sempre compartilhar novos conhecimentos e experiências enriqueceu minha trajetória acadêmica.

Da mesma forma, expresso minha gratidão ao Anderson e Thais, que tornaram o dia a dia no laboratório muito mais alegre e significativo. A amizade que construímos e os conhecimentos que compartilhamos são tesouros que levarei comigo para sempre.

Tenho imensa gratidão aos integrantes do Laboratório de Sementes, assim também agradeço ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde pelo auxílio financeiro, infraestrutura, equipamentos e reagentes.

Agradeço aos demais professores do curso de Agronomia que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a todos que fazem parte da minha vida.

## RESUMO

A qualidade da semente impacta diretamente nas características agronômicas e na produtividade final da cultura do milho e a presença de sementes de baixo vigor reduzem a qualidade de um lote, diminuindo a germinação da semente e a capacidade de armazenagem. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes dosagens do hormônio brassinolíde no condicionamento de sementes de milho. O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Para o ensaio foram utilizadas sementes de milho híbrido SYN8A98 condicionadas com concentrações crescentes de brassinolíde 0; 0,5; 1 e 2  $\mu\text{M}$ , como controle também foram analisadas sementes não condicionadas. As avaliações foram focadas no potencial fisiológico, com ênfase em parâmetros de germinação e vigor e nas alterações anatômicas e histoquímicas induzidas pelo priming. Os resultados indicaram que o condicionamento das sementes com brassinolíde gerou respostas positivas significativas. As sementes tratadas mostraram um aumento expressivo na taxa de germinação em relação ao grupo controle, o que confirma a eficiência do brassinolíde nas diversas concentrações avaliadas. Além disso, as plântulas oriundas do tratamento apresentaram um desenvolvimento inicial superior, com destaque para a maior tolerância a estresses, como o teste frio e a restrição hídrica.

**Palavras-chave:** Hormônio vegetal, qualidade fisiológica, condicionamento de sementes.

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ATP	Adenosina Trifosfato
BL	Brasinolde
B.O.D	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BRs	Brassinosteroides
CONAB	Companhia Nacional de abastecimento
CP	Comprimento parte aérea
CR	Comprimento raiz
DNA	cido desoxirribonucleico
MP	Massa seca parte aérea
MR	Massa seca raiz
EA	Envelhecimento acelerado
IVE	ndice de velocidade de emergência
PCA	Análise de componentes principais
PEG	Polietilenoglicol
PG	Porcentagem de germinação

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
C	Graus Celsius
G	Gramas
L	Litro
mL	Mililitros
MPa	Megapascal
$\mu$ M	Micromolar
$\pm$	Variacão para mais ou menos

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1** – Efeito do brasinolíde na germinação de sementes de milho.

**Figura 2** – Efeito do brasinolíde na germinação de sementes de milho (TF, RH, EA, IVG, CP, CR, MP, MR).

**Figura 3** – Análise dos componentes principais (PCA).

**Figura 4** – Análise histoquímica de sementes de milho.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 Avaliação e garantia da qualidade das sementes .....	12
2.2 Condicionamento fisiológico .....	13
2.3 Priming com fitohormônios .....	13
2.4 Brassinolíde .....	13
2.5 Caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes .....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>3.1 Esterilização das Sementes:</b> .....	15
<b>3.2 Preparo das soluções de brassinolíde</b> .....	15
<b>3.5 Caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes:</b> .....	17
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
4.1 Efeito do brassinolíde na germinação de sementes de milho .....	18
4.2 Correlações entre os tratamentos e características avaliadas .....	21
4.3 Alterações anatômicas e histoquímicas induzidas pelo condicionamento das sementes .....	23
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	25
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é amplamente cultivado e consumido em todo o mundo devido ao seu alto potencial de produção, composição química e valor nutricional dos grãos, rico em amido, proteínas e lipídios, sendo uma importante fonte de energia para alimentação humana e principal ingrediente na produção de ração para aves, bovinos e suínos. No Brasil, a produção tem apresentado crescimento constante, atingindo 130 milhões de toneladas na safra 2022/2023 (CONAB, 2024). Esse avanço é impulsionado pela adoção de variedades híbridas transgênicas, que oferecem maior resistência a pragas e herbicidas, além da implementação de práticas agrícolas como rotação de culturas, adubação equilibrada e o uso de biotecnologias para maximizar a produtividade., além de aumentar as terras agricultáveis por meio de semeadura de segunda época ou safrinha. (MAXIMIANO, 2017). Como consequência da maior produção de grãos, ocorre aumento na demanda de sementes.

A escolha de sementes de alta qualidade é essencial para maximizar o potencial produtivo de uma espécie ou variedade cultivada. Isso ocorre porque as sementes são portadoras de inovações do melhoramento genético e seu desempenho é influenciado por características físicas, sanitárias e fisiológicas. O vigor das sementes se destaca entre essas características, pois está ligado às taxas de germinação, emergência e crescimento das plântulas, impactando também a produtividade de grãos em diferentes tipos de cultivos (ROSSI, CAVARIANI & DE BARROS FRANÇA-NETO, 2017).

O vigor das sementes pode ser melhorado por meio de técnicas como o condicionamento fisiológico ou também conhecimento como priming, sendo uma técnica habitual utilizada na agricultura para promover a germinação das sementes e o estabelecimento das plantas, o condicionamento fisiológico de sementes é baseado no preparo preliminar antes da semeadura (KHALAKI, MEHDI, BEHNAM & TESS, 2020). Existe vários tipos de condicionamento, como hidropriming, osmopriming, priming de matriz sólida e biopriming. Entre eles, hormopriming é uma técnica em que a embebição das sementes ocorre na presença de hormônios vegetais e pode afetar diretamente o metabolismo das sementes.

O processo de condicionamento fisiológico envolve a hidratação controlada das sementes, permitindo que elas avancem até as fases iniciais da germinação (fases I e II, correspondentes à absorção de água e reativação do metabolismo), sem chegar à fase final, que é a emissão da radícula. Após esse preparo, as sementes podem retornar ao estado original de

umidade, serem armazenadas e, posteriormente, semeadas. (PALLAORO et al., 2016; BURIN et al., 2021).

De acordo com Carvalho et al. (2015), diversas tecnologias são utilizadas para melhorar o desenvolvimento inicial das plantas, destacando-se os bioreguladores vegetais ou hormônios vegetais. Pesquisas indicam que esses reguladores influenciam de maneira significativa o crescimento e o desenvolvimento das plantas, dependendo da cultura, da concentração utilizada e das condições ambientais, estimulando tanto o sistema radicular quanto a parte aérea, além de regular a síntese hormonal e aumentar a expressão de certas características, como enchimento de grãos, maior fotossíntese e redução do estresse em condições ambientais adversas.

Destacando-se entre os hormônios vegetais, os brassinosteróides (BRs) favorecem a germinação das sementes e prolongam a retenção das folhas. Além disso, eles contribuem para o aumento da produtividade e da biomassa, estimulando, ainda, o desenvolvimento saudável das plantas (SOUZA & SILVA, 2024).

Um aspecto relevante para a cultura do milho, conforme informações da CONAB 2024, é o impacto das condições climáticas ao longo do ciclo de desenvolvimento do cultivo. Durante a primeira safra, temperaturas elevadas e chuvas irregulares afetaram significativamente diversas regiões produtoras, como Centro-Oeste, São Paulo e no Paraná e pelo excesso de precipitação registrado no Rio Grande do Sul, sobretudo nas lavouras de primeira safra. Além da queda no desempenho das lavouras, a CONAB observou uma diminuição na área dedicada ao cultivo do milho. Nesse cenário de redução tanto na área cultivada quanto na produtividade, a estimativa para a colheita total de milho nesta safra é de 115,72 milhões de toneladas, representando uma queda de 12,3% em relação à produção de 2022/2023.

Nesse contexto, são documentados na literatura diversas e importantes funções que os BRs exercem no desenvolvimento vegetal, melhorando o crescimento e rendimento de inúmeras culturas, além de aumentar a resistência contra vários estresses abióticos (SHAHZAD et al., 2018).

Com o objetivo de aprimorar o vigor e a germinação das sementes de milho, este trabalho propõe o condicionamento fisiológico utilizando o hormônio vegetal brassinolíde. Para isso, foram realizadas análises fisiológicas, bioquímicas e anatômicas nas sementes, visando compreender detalhadamente suas respostas ao tratamento, elucidando os mecanismos envolvidos e avaliando os impactos positivos para a cadeia produtiva do milho. Com isso, espera-se contribuir para o aumento da eficiência e qualidade na produção de milho, oferecendo soluções inovadoras para o setor agrícola.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Avaliação e garantia da qualidade das sementes**

A qualidade de uma semente pode ser entendida como o conjunto de atributos que influenciam seu desempenho no campo. A produção de sementes de alta qualidade envolve uma série de etapas, combinando ciência, tecnologia e gestão, e requer habilidades técnicas especializadas. Para assegurar essa qualidade, foram criadas as Regras para Análise de Sementes (RAS). A principal função da análise de sementes é verificar as condições de um lote, determinando sua viabilidade para o plantio e o armazenamento (BRÜNING, LÚCIO & MUNIZ, 2011).

Conforme mencionado por Mattioni, Schuch & Villela, 2011, sementes de soja de baixa qualidade resultam em sérios problemas para a comercialização, ocasionando a reprovação de lotes e perdas nas áreas de cultivo. Isso resulta em um desperdício significativo de recursos, considerando que a lavoura recebeu manejo diferenciado e altos investimentos para garantir uma produção de qualidade. A produção de sementes requer cuidados rigorosos no controle de plantas daninhas, pureza varietal e insetos. Assim, a rejeição de lotes devido a falhas na germinação gera impactos financeiros negativos para os agricultores. Além disso, o uso de sementes de qualidade inferior pode comprometer o estabelecimento adequado da população de plantas, obrigando a realização de novas semeaduras.

A avaliação da qualidade das sementes é essencial para assegurar a viabilidade e o desempenho das culturas, utilizando diversas técnicas conforme a RAS. O teste de germinação determina a capacidade das sementes de germinar em condições controladas, permitindo calcular a porcentagem de germinação. O teste de pureza verifica a composição do lote, analisando a presença de outras espécies, sementes daninhas e material estranho, sendo crucial para garantir a variedade desejada. O teste de sanidade avalia a presença de patógenos que podem comprometer a saúde das plantas, enquanto a avaliação do vigor analisa a capacidade das sementes de germinar e desenvolver plântulas saudáveis sob condições adversas. Essas técnicas são fundamentais para auxiliar os produtores a tomar decisões informadas sobre semeadura e manejo, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola. (BRASIL, 2009).

## 2.2 Condicionamento fisiológico

Pereira et al. (2024) relatam que o pré-condicionamento de sementes do híbrido de milho não apenas mantém a porcentagem de germinação, mas também resulta em um incremento significativo no número, comprimento e biomassa das raízes, além de melhorar a altura das plantas, diâmetro do colmo e número de raízes no estágio V1, sugerindo um claro ‘efeito priming’ associado à incubação das sementes a 41°C por 72 horas.

O estudo realizado por Monteiro, 2024 investigou o hidrocondicionamento de sementes como método de pré-condicionamento fisiológico, utilizando borbulhamento com ozônio e ar atmosférico como controle. Essa abordagem é simples e de baixo custo, mesmo com a inclusão do ozônio, que já demonstrou viabilidade econômica em várias aplicações, como na indústria alimentícia. Os resultados mostraram que o pré-condicionamento teve um efeito positivo na qualidade fisiológica das sementes de milho, com aumento na taxa de germinação, o que é essencial para melhorar a produtividade e a produção de alimentos. Monteiro, 2024, concluiu que, independentemente do uso de ozônio, o pré-condicionamento beneficiou variáveis como percentual de germinação, comprimento das plântulas e índice de velocidade de germinação.

## 2.3 Priming com fitohormônios

O priming é um pré-tratamento de sementes com produtos químicos que melhora a capacidade de embebição e otimiza os processos metabólicos antes da germinação, promovendo uma emergência mais rápida e crescimento das mudas. O uso de fitohormônios no priming regula mecanismos bioquímicos, ajudando as plantas a lidar com estresses. Esse processo gera mudanças que garantem uma germinação uniforme, mesmo em condições adversas, e facilita a recuperação em situações de estresse salino. Além disso, o priming aumenta a metabolização de amido e a síntese de RNA e DNA, criando uma “memória” que melhora a resposta futura a estresses (BISWAS, SEAL, MAJUMDER & BISWAS, 2023).

## 2.4 Brassinolíde

O trabalho realizado por Souza et al. 2023, testaram a interação entre brassinosteroides e *Azospirillum brasilense* em plantas de milho submetidas a estresse hídrico. Os resultados obtidos mostraram que essa interação aumentou o conteúdo relativo de água, a clorofila a e os carboidratos solúveis totais nas folhas e raízes. Nesse sentido os autores destacaram que a aplicação isolada dos brassinosteroides mitigou os efeitos negativos da deficiência hídrica, resultando em incrementos no número de folhas, na clorofila b e no teor de amido nas folhas.

Em relação aos benefícios do hormônio na soja, foi realizado uma interação entre doses de brassinosteroides e variáveis produtivas em plantas de soja. Os resultados mostraram que o número de vagens por planta e a produtividade de grãos apresentaram interações significativas em relação às doses aplicadas e ao ano de aplicação do regulador vegetal. Além disso, a pesquisa revelou que a aplicação de brassinosteroides resultou em aumentos significativos nas variáveis de produtividade. A conclusão do estudo destaca a utilização de brassinosteroides como uma prática promissora para incrementar a produtividade, especialmente em estágios fenológicos específicos (ABDALA, 2023).

Liu et al. (2016) também realizaram uma pesquisa utilizando o hormônio brassinolide em brotos de bambu, que de acordo com os mesmos, o hormônio desempenha um papel crucial no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo que, o tratamento com brassinolide aumentou a resistência dos brotos de bambu pós-colheita ao estresse causado por baixas temperaturas. A maior tolerância ao frio observada nos brotos de bambu foi associada a níveis elevados de ATP e à maior carga energética, o que contribuiu para manter a integridade das membranas celulares. Além disso, o acúmulo significativo de prolina foi outro fator chave no aumento da resistência ao frio desses brotos.

## **2.5 Caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes**

A morfologia das células e estruturas internas pode ser observada através de técnicas de coloração histoquímica, que permitem a identificação e a localização precisa de substâncias como amido, lipídios e proteínas (BARBOSA et al., 2021). Essa abordagem facilita a análise detalhada das características celulares, revelando aspectos que não seriam visíveis com métodos convencionais de observação microscópica. A coloração histoquímica, portanto, é uma ferramenta essencial para entender a composição e a organização dos componentes celulares, oferecendo uma visão mais aprofundada das funções e propriedades dessas substâncias dentro das células.

A composição química da semente madura, incluindo substâncias de reserva como amido, lipídios e proteínas, influencia diretamente a germinação, o potencial de armazenamento e o estabelecimento da plântula, destacando a importância de compreender esses compostos para otimizar esses processos (MENDES & DE MENDONÇA, 2020). A caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes permite uma análise detalhada desses componentes em nível celular e molecular, oferecendo informações cruciais sobre a distribuição e a função dessas substâncias nas

sementes, o que auxilia no aprimoramento das práticas de manejo e melhoramento genético.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Para avaliar o efeito do condicionamento com brassinolídeo (BL) em sementes de milho (*Zea mays L.*), este experimento foi realizado nos Laboratórios de Análises de Sementes, Culturas e Tecidos Vegetais, e Anatomia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IF Goiano – Campus Rio Verde.

#### **3.1 Esterilização das Sementes:**

Sementes híbridas de milho SYN8A98, com uma germinação inicial de 84% e teor de umidade de 12%, foram utilizadas neste estudo. Para evitar potenciais contaminações durante o condicionamento, as sementes passaram por uma etapa de esterilização, que consistiu em uma imersão de 3 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1%. Após esse procedimento, as sementes foram lavadas com água destilada e, em seguida, secas à temperatura ambiente.

#### **3.2 Preparo das soluções de brassinolídeo**

Para preparar a solução estoque de brassinolídeo, foram pesados 1 mg do hormônio, que foi dissolvido em 10 mL de álcool absoluto. O volume final foi ajustado para 1000 mL com água destilada. A partir dessa solução, foram obtidas diferentes concentrações para o condicionamento das sementes de milho: 0,5; 1; e 2  $\mu\text{M}$ .

#### **3.3 Priming das sementes com as soluções de diferentes concentrações; Secagem das sementes:**

Sementes condicionadas com água destilada + concentração de álcool para preparo das soluções foram testadas e sementes sem condicionamento foram incluídas como controle.

As sementes esterilizadas foram dispostas uniformemente sobre papel germitest que havia sido previamente umedecido com as soluções de brassinolídeo, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As bandejas de polietileno 38x53, contendo as sementes e o papel germitest, foram colocadas em uma incubadora com temperatura controlada de

$25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , em ambiente escuro, por um período de 20 horas. O tempo de tratamento foi definido com base na curva de hidratação das sementes de milho. Após essa fase, as sementes foram secas em uma estufa com circulação de ar e renovação, mantendo a temperatura a  $25^{\circ}\text{C}$ , até que o teor de umidade original das sementes fosse recuperado.

### **3.4 Bioensaios: Instalação das análises fisiológicos:**

Antes e depois do priming foi determinado o teor de umidade das sementes pelo método da estufa, onde as amostras foram acondicionadas a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , por um período de 24 horas, utilizando duas repetições para cada tratamento (BRASIL, 2009).

Para avaliação da qualidade de sementes foram analisados os seguintes componentes:

- Germinação: Realizado com quatro repetições de 50 sementes, semeadas sobre duas folhas de papel do tipo “germitest” e cobertas com uma terceira folha, previamente umedecidas com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidos a  $30^{\circ}\text{C}$  em câmara tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand). Foi computada a porcentagem de plântulas normais aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

- Comprimento de plântula: Para cada tratamento e repetição, foram coletadas quatro subamostras contendo 20 sementes, que foram dispostas em rolos de papel germitest. Este papel foi umedecido com água destilada na proporção de 3:1 (mililitros de água destilada por grama de papel seco) e mantido em um germinador a  $25^{\circ}\text{C}$  durante 7 dias (NAKAGAWA, 1999). Ao final desse período, o comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas, classificadas como normais (BRASIL, 2009), foi medido com uma régua milimetrada.

- Massa seca de plântulas: Foram avaliadas as plântulas normais selecionadas no teste de comprimento, excluindo os cotilédones. Raízes e parte aérea de cada tratamento foram, então, colocadas separadamente em cadinhos de metal e levadas à estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  por 4 dias. Após a secagem, o material foi pesado em uma balança analítica (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

- Emergência de plântulas: Foram realizadas quatro repetições com 50 sementes de cada tratamento, que foram plantadas em canteiros com areia grossa. A

porcentagem de plântulas emergidas foi avaliada diariamente até que a estabilização fosse alcançada, o que ocorreu no nono dia.

- Índice de velocidade de emergência (IVE): Foi conduzido concomitantemente com o teste de emergência em casa de vegetação, com contagens diárias iniciando a partir do momento em que o coleóptilo surgiu na superfície do substrato.

- Teste de frio: Foi realizado com quatro repetições de 50 sementes. O substrato utilizado foi o papel germitest umedecido conforme descrito para o teste de germinação, no entanto, o substrato foi mantido à temperatura de 10°C durante 24 horas, antes da semeadura. Os rolos confeccionados foram colocados em sacos plásticos e mantidos em câmara tipo BOD a 10 °C por um período de 7 dias. Após esse período, os rolos foram retirados dos sacos plásticos e transferidos para germinador a 25 °C por 4 dias e então foi conduzida a avaliação da porcentagem de plântulas normais. (Coimbra et al. 2009).

- Restrição hídrica: Para simular o déficit hídrico, foi utilizada uma solução de polietilenoglicol (PEG 6000) com potencial osmótico de -0,2 MPa, correspondente a 119,571 g de PEG por litro de água (MOTERLE et al., 2006). Essa solução foi aplicada diretamente no substrato utilizado para a germinação das sementes. O teste de germinação seguiu as diretrizes recomendadas para a cultura do milho (BRASIL, 2009).

- Envelhecimento acelerado: Foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, que foram distribuídas em uma única camada sobre uma tela de metal suspensa dentro de caixas acrílicas de 11 x 11 x 3,5 cm. No fundo dessas caixas, foram adicionados 40 mL de água destilada. Em seguida, as caixas foram seladas e colocadas em uma câmara de germinação com temperatura ajustada a 41 °C e umidade relativa de 100% por um período de 96 horas (Marcos Filho, 1994). Depois desse tempo, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, e as plântulas normais foram contabilizadas quatro dias após a semeadura.

### **3.5 Caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes:**

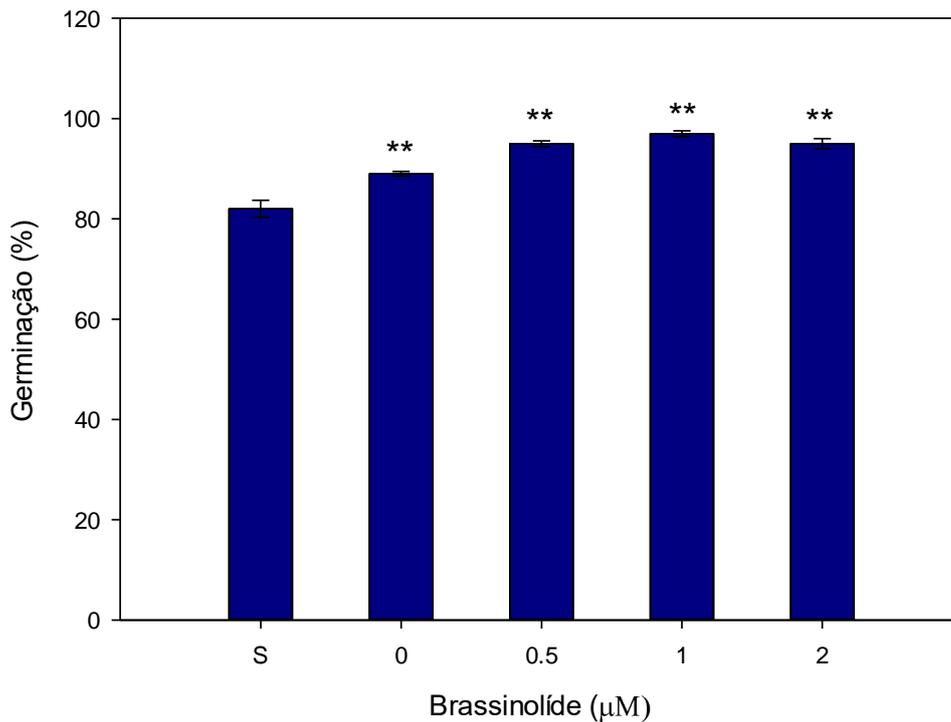
As análises anatômicas e histoquímicas das sementes de milho foram realizadas retirando-se amostras da região dos cotilédones de quatro sementes por tratamento. O material foi fixado em Karnovsky (1965) por 24 horas, lavado com tampão fosfato,

desidratado com etanol de concentrações crescentes e infiltrado em historesina (Leica, Alemanha), seguindo as instruções do fabricante. As amostras foram seccionadas transversalmente a 7  $\mu\text{m}$  em micrótomo rotativo (Logen Scientific, China) e coradas com azul de toluidina, Xylidine Ponceau (O'BRIEN, FEDER & McCULLY., 1964), e Sudan III (KRAUS & ARDUIN, 1997). As observações foram realizadas e as imagens fotografadas em microscópio Olympus (BX61, Tokyo, Japão) acoplado com câmera DP-72 utilizando a opção de campo claro.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSAO**

### **4.1 Efeito do brassinolídeo na germinação de sementes de milho**

O condicionamento de sementes com brassinolídeo (BL) proporciona efeitos positivos na germinação e no vigor. As sementes tratadas com brassinolídeo, independentemente da dose utilizada, mostraram aumento na taxa de germinação em relação ao grupo controle. (S) (Fig. 1). Esse resultado pode ser atribuído à elevada atividade biológica desse hormônio vegetal, que regula processos fisiológicos importantes, como a divisão e o alongamento celular, além de mitigar os efeitos de estresses ambientais. O brassinolídeo é amplamente reconhecido por sua eficácia, mesmo que, em estudos científicos, outros brassinosteroides, como o 24-epibrassinolídeo, sejam mais frequentemente utilizados devido à sua maior estabilidade e custo reduzido (SILVA, 2021). No entanto, os resultados obtidos neste trabalho reforçam que o brassinolídeo também é altamente eficaz, sendo uma excelente opção para potencializar a germinação de sementes, especialmente em condições controladas ou específicas de cultivo.



**Figura 1:** Efeito do brassinolide na germinação de sementes de milho. Sementes sem priming (controle, S), priming com água (0) e com as concentrações de 0,0; 0,5; 1 e 2 µM do hormônio. Colunas verticais representam a média de quatro repetições com barras indicando o erro padrão. Os asteriscos indicam diferenças a 5% (\*) e 1% (\*\*) de probabilidade, em relação ao controle pelo teste de Dunnett.

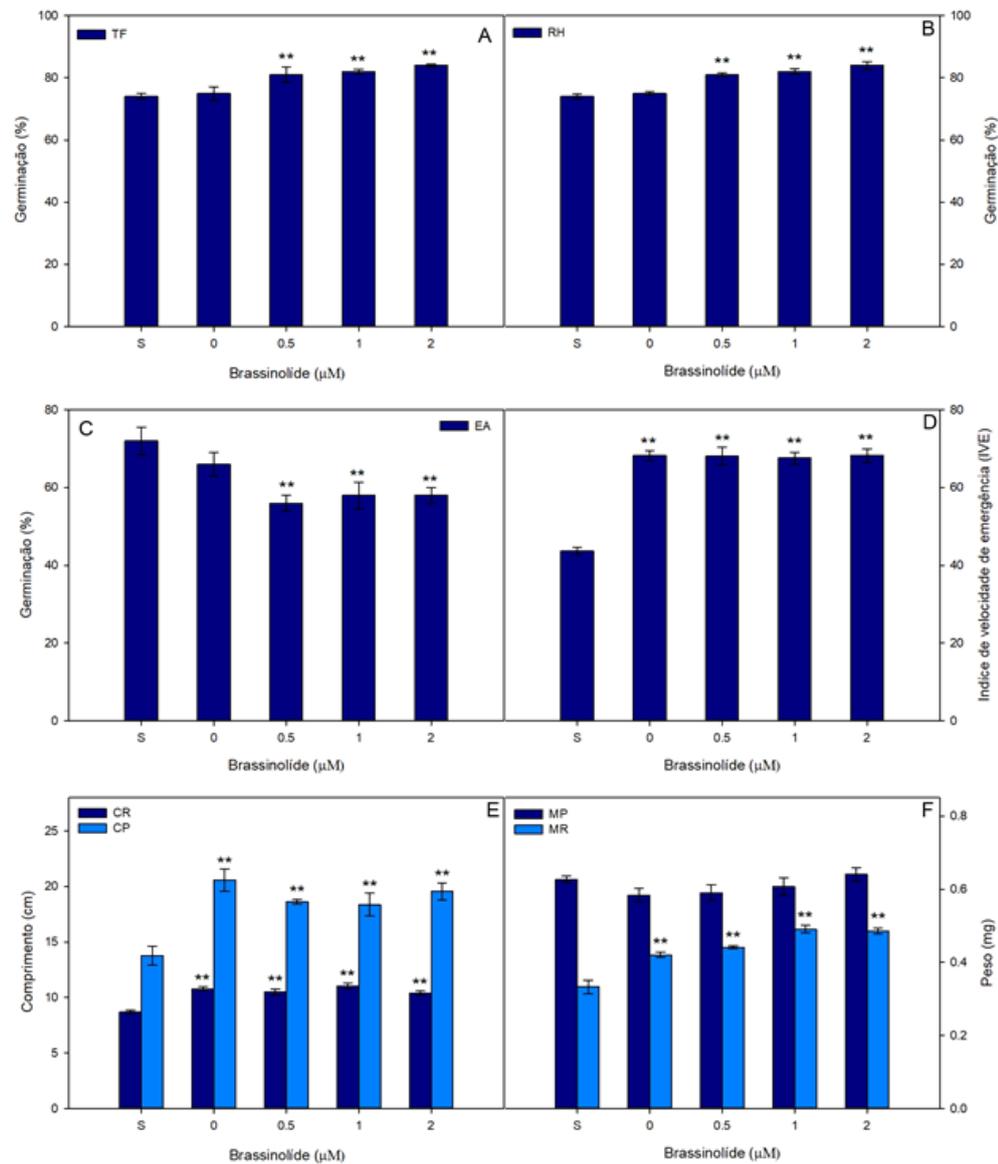
As diversas concentrações de brassinolide resultaram em melhorias na eficiência germinativa das sementes de milho no teste a frio (Fig. 2A). O condicionamento das sementes sem o hormônio não demonstrou diferenças significativas em relação ao grupo S.

No teste de restrição hídrica, as sementes condicionadas com brassinolide apresentaram uma porcentagem de germinação superior em comparação ao controle e à concentração 0. A concentração de 2 µM foi a que mais estimulou a germinação, com um aumento de 11,9% em relação às sementes condicionadas sem a adição do hormônio (Fig. 2B). Provavelmente quanto maior a concentração do hormônio mais resistente a semente ficará, A concentração mais elevada de brassinolide foi eficaz no teste de restrição hídrica e no teste frio, pois potencializou mecanismos que ajudam as sementes a superar o estresse causado pela limitação de água e baixas temperaturas, favorecendo a germinação e o vigor inicial. O brassinolide é um hormônio vegetal do tipo esterol que desempenham um papel fundamental na regulação do crescimento e desenvolvimento

das plantas, mesmo em concentrações extremamente baixas. Esses compostos estimulam a síntese e proteção de pigmentos fotossintéticos, promovem o alongamento celular, favorecem o crescimento do tubo polínico e aumentam a resistência das plantas frente a diferentes tipos de estresses, tanto bióticos quanto abióticos (TIRICO, 2016)

No teste de envelhecimento acelerado (Fig. 2C), as sementes submetidas ao condicionamento com diferentes concentrações de brassinolíde apresentaram reduções significativas na porcentagem de germinação em comparação aos tratamentos sem o hormônio. Esse desempenho pode ser explicado pelo aumento da permeabilidade do tegumento das sementes, um processo regulado em parte pela ação dos brassinosteroides. Em sementes de soja esverdeadas, o uso do brassinolíde também mostrou efeitos negativos, prejudicando a germinação após o envelhecimento, conforme observado em estudos recentes (De JESUS et al., 2023). Em relação ao índice de velocidade de emergência (IVE), as sementes condicionadas mostraram diferenças em relação ao controle, independentemente da presença ou concentração de brassinolídeo (Fig. 2D). DANTAS (2021) relata que o condicionamento fisiológico é uma prática que consiste em submeter as sementes a uma hidratação parcial, em condições controladas de temperatura e tempo, sem que ocorra a emissão da raiz primária. Esse método ativa os processos metabólicos da semente, preparando-a para a germinação. O principal objetivo é promover maior uniformidade e rapidez no processo germinativo, reduzindo o intervalo entre a semeadura e a emergência das plântulas no campo. Dessa forma, mesmo sem depender diretamente da concentração do hormônio utilizado, o condicionamento mostrou-se eficiente em acelerar a germinação das sementes.

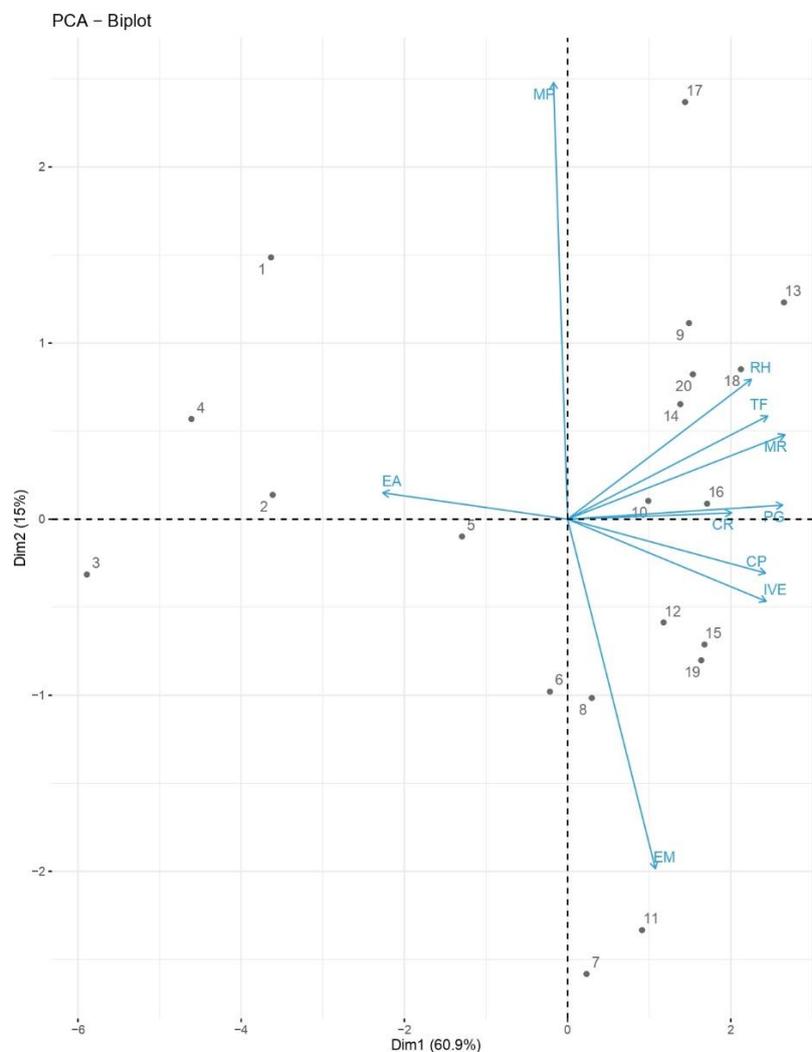
O condicionamento das sementes resultou em melhorias nos atributos de crescimento das plântulas de milho, comparado ao controle, com aumentos no comprimento da parte aérea e das raízes (Fig. 2E). Embora o acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas (MP) não tenha mostrado variação significativa, observou-se um incremento na massa seca das raízes (MR) em todas as plantas cujas sementes foram submetidas ao condicionamento (Fig. 2F). Segundo TIRICO (2016), o brassinolíde atua promovendo o alongamento celular. Dessa forma, é possível que seu efeito tenha sido limitado ao aumento do comprimento celular, sem contribuir significativamente para o acúmulo de biomassa.



**Figura 2:** Efeito do brassinolide na germinação de sementes de milho. Sementes sem priming (S), priming com água (0) e com as concentrações de 0,0; 0,5; 1 e 2  $\mu\text{M}$  do hormônio, submetidas ao teste de frio (TF) (A), restrição hídrica (RH) (B), envelhecimento acelerado (EA) (D), índice de velocidade de emergência (IVE) (D), comprimento da parte aérea e raiz (CP e CR) (E), massa seca de parte aérea e raiz (MP e MR) (F). Colunas verticais representam a média de quatro repetições com barras indicando o erro padrão. Os asteriscos indicam diferenças a 5% (\*) e 1% (\*\*) de probabilidade, em relação ao controle pelo teste de Dunnett.

#### 4.2 Correlações entre os tratamentos e características avaliadas

A correlação entre os tratamentos e características avaliadas foi determinada através da realização de análise de componentes principais (PCA) (Fig. 3). A maioria das variações foi encontrada nos dois primeiros PCs, e o valor acumulado aproximado foi de 75.9% (60.9% para PC 1 e 15% para PC 2). Entre o comprimento de parte aérea (CP) e índice de velocidade de germinação (IVE), porcentagem de germinação (PG) entre comprimento de raiz (CR), teste de frio (TF) entre massa seca (MR) e restrição hídrica apresentaram similaridade, sendo correlacionados de forma positiva, em oposição ao envelhecimento acelerado (EA). O envelhecimento acelerado (EA) e massa seca de parte aérea (MP) apresenta correlação nula.

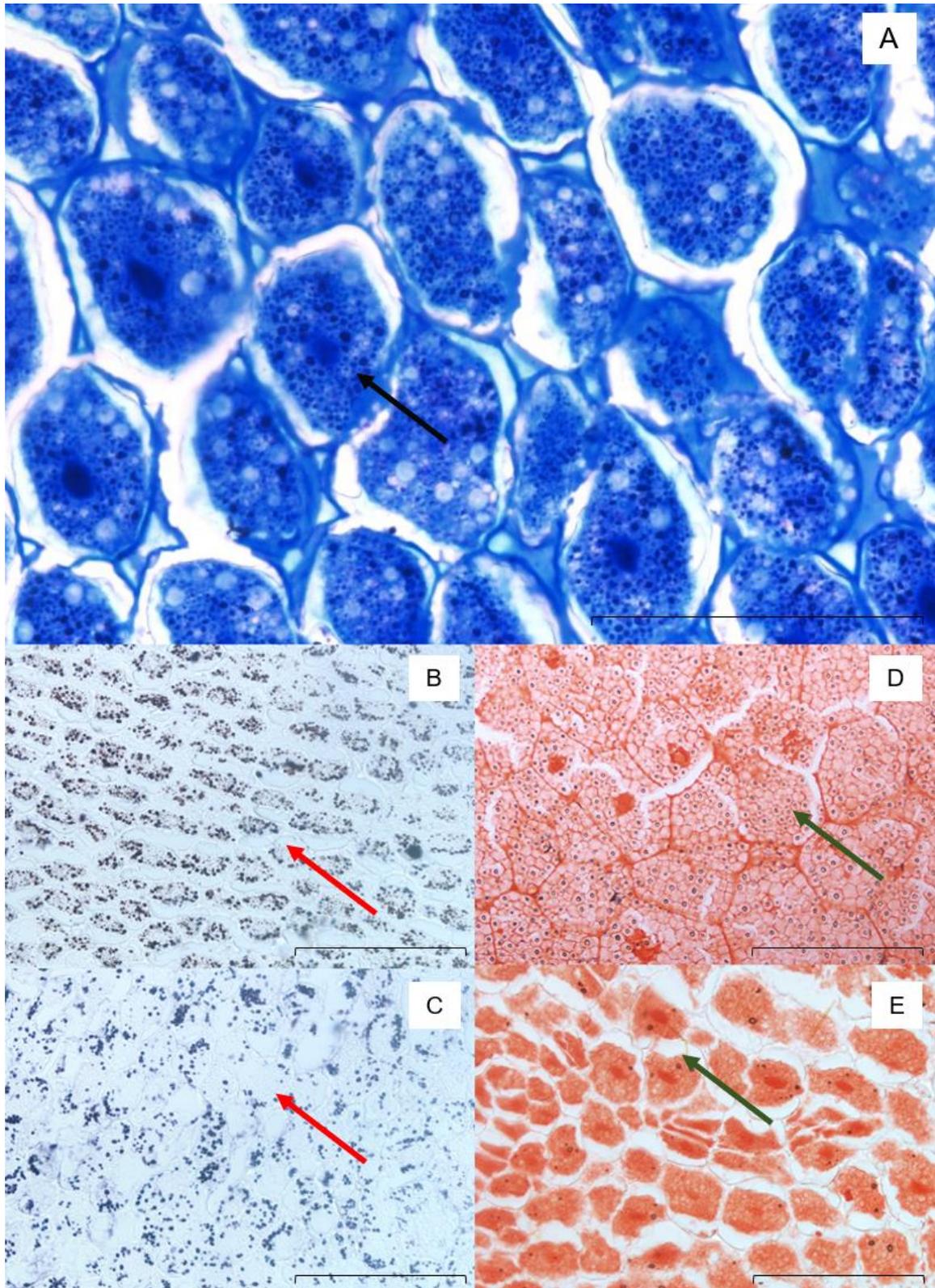


**Figura 3:** Análise dos componentes principais (PCA) de dados de qualidade e vigor de sementes, PG (porcentagem de germinação), teste de frio (TF), restrição hídrica (RH), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MP), massa seca de raiz (MR) e envelhecimento acelerado (EA).

### **4.3 Alterações anatômicas e histoquímicas induzidas pelo condicionamento das sementes**

Na caracterização estrutural anatômica, as sementes de milho possuem endosperma com células arredondadas, de paredes finas, e com o conteúdo celular visível em forma de gotas dentro das células (Fig. 4A).

Independentemente do condicionamento com diferentes concentrações de brassinolídeo, foi constatada a presença de amido e proteínas nas células do endosperma. Nas análises de acúmulo de amido, verificou-se que as células apresentaram áreas destacadas pelo corante lugol, com maior concentração de amido nas sementes não condicionadas em comparação às condicionadas, conforme indicado pelas setas vermelhas nas figuras 4B e C. Conforme mencionado anteriormente, o condicionamento com brassinolídeo ativa os processos metabólicos das sementes. Assim, é provável que o priming tenha utilizado amido e proteínas como fontes de energia, contribuindo para a reorganização celular e preparação para a germinação. Também foram observadas alterações no acúmulo de proteínas no interior das células das sementes de milho, identificadas pelas setas verdes na figura 4C e D, onde foi evidenciado um maior espaçamento intracelular nas sementes condicionadas com brassinolídeo.



**Figura 4:** Análise histoquímica de sementes de milho. A coloração com azul de toluidina foi realizada para caracterização estrutural (A). A coloração com lugol foi realizada para identificação de amido (B, e C). A coloração com xylydine ponceau foi realizada para identificar os compostos proteicos (D, e E). Sementes condicionadas com água (B e D) e 0,5 (A, C e E)  $\mu\text{M}$  de brassinolídeo. Barras: 100  $\mu\text{m}$ .

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o condicionamento de sementes de milho com brassinolídeo (BL) exerce um impacto positivo na germinação e no vigor das plântulas. As sementes condicionadas com diferentes concentrações de BL apresentaram uma taxa de germinação significativamente maior em comparação ao grupo controle, evidenciando o potencial do hormônio na promoção do desenvolvimento inicial das sementes. O aumento na eficiência germinativa observado no teste a frio e na condição de restrição hídrica destaca a eficácia do BL em situações de estresse, sugerindo que o condicionamento pode melhorar a resiliência das sementes em ambientes adversos. Futuros estudos podem explorar a otimização das concentrações de brassinolídeo e suas aplicações práticas no campo, visando maximizar os benefícios desta abordagem no cultivo de milho.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABDALA, Arielle Gonçalves. **Produtividade de plantas de soja sob doses de brassinosteroides**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Unidade Universitária de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/riueg/1312>. Acesso em: 21 de outubro de 2024.
- BARBOSA, T. C. T. da S.; Mendonça, M. S. de; Muniz do Nascimento, L. L. de A.; Morim, M. P. **Morphoanatomical and histochemical study of seeds of four species of Swartzia (Fabaceae-Papilionoideae) at Tupé Sustainable Development Reserve AM/Brazil**. Botanical Sciences, v. 99, n. 4, p. 863-876, 2021.
- BISWAS, S., Seal, P., Majumder, B., & Biswas, A. K. Efficacy of seed priming strategies for enhancing salinity tolerance in plants: An overview of the progress and achievements. **Plant Stress**, p. 100186, 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2009. 399 p.
- BRÜNING, Fernanda de Oliveira; LÚCIO, Alessandro Dal'Col; MUNIZ, Marlove Fátima Brião. Padrões para germinação, pureza, umidade e peso de mil sementes em análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 193-202, 2011.
- BURIN, C. C., da Silva Binotti, F. F., Silva, E. R., Silva, F. L. S., & Costa, Agentes químicos utilizados no condicionamento fisiológico minimizam estresses em sementes de milho no estabelecimento inicial? **Revista de agricultura neotropical**, v. 8, n. 4, p. e5780-e5780, 2021.
- CARVALHO, I. R., Korcelski, C., Peruzzo, S. T., Follmann, D. N., Nardino, M., de Souza, V. Q, & Caron, B. O. Efeitos fisiológicos atribuídos ao teste de frio e adição de reguladores vegetais em híbridos de milho. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 2015.
- COIMBRA, R. A.; Martins, C. C.; Tomaz, C. A.; Nakagawa, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000900004>.
- CONAB. Último levantamento da safra 2023/2024 **estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas**. Companhia Nacional de Abastecimento, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas#:~:text=A1%C3%A9m%20do%20menor%20desempenho%2C%20a,do%20produzi do%20em%202022%2F2023>. Acesso em: 17 out. 2024.
- DANTAS, N. B. L., Benedito, C. P., de Oliveira, V. N. S., Silva, K. C. N., Rêgo, A. L. B., Pereira, K. T. O., & Medeiros, H. L. S. **Condicionamento fisiológico em sementes de coentro (Coriandrum sativum L.)**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 8, p. 76554-76570, 2021.
- De Jesus TF, Rodrigues AA, Santos LS, Silva AA, Costa A, Sales JF. (2023) **Physiological performance of brassinolide-conditioned green soybean seeds**. South African Journal of Botany 165, 237-245 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.12.024>
- KHALAKI, M. A.; Mehdi, M.; Behnam A. L.; Tess A. Influence of nano-priming on seed germination and plant growth of forage and medicinal plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 93, p. 13-28, 2020.

KRAUS, J. E.; Arduin, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. EDUR, Seropédica, 1997.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

LIU, Z., Li, L., Luo, Z., Zeng, F., Jiang, L., & Tang, K. Effect of brassinolide on energy status and proline metabolism in postharvest bamboo shoot during chilling stress. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 240-246, 2016.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento precoce In: VIEIRA, RD & CARVALHO, NM de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 133-149, 1994.

MATTIONI, Nilson Matheus; SCHUCH, Luis Osmar Braga; VILLELA, Francisco Amaral. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 608-615, 2011.

MAXIMIANO, Christian Viterbo. **Pré-condicionamento de sementes de milho em água com diferentes concentrações de ozônio no desenvolvimento inicial de plântulas e no controle de *Fusarium spp.*** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/23484>. Acesso em: 21 de outubro de 2024.

MENDES, Angela Maria da Silva; MENDONÇA, Maria Sílvia de. **Análise anatômica e histoquímica de sementes maduras de *Eugenia stipitata ssp. sororia* Mc Vaugh (araçá-boi) - Myrtaceae**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 77510-77522, 2020.

MONTEIRO, Natasha Ohanny da Costa. **Água ozonizada no pré-condicionamento de sementes de milho: qualidade fisiológica e desempenho em campo**. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Repositório Institucional da UnB. Disponível em: [<http://repositorio.unb.br/handle/10482/38672>]. Acesso em: 20 de outubro de 2024.

MOTERLE LM, Lopes PC; BracciniII AL, Scapim CA. (2006) Germination of seeds and seedling growth of popcorn cultivars under water and salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes** 28, 169-176, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000300024>

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: KRZYŻANOWSKI, F. C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

O'BRIEN, T. P.; Feder, N.; McCully, M. E. The study of plant structure: principles and selected methods. **Protoplasma**, v. 59, p. 368-373, 1964.

PALLAORO, D. S., Camili, E. C., Guimarães, S. C., & Albuquerque, M.C.D.F. Métodos para o condicionamento fisiológico de sementes de milho. **Journal of Seed Science**, v. 38, p. 148-154, 2016.

PEREIRA, D., Deola, I. A., Schuelter, A. R., Coelho, S. R. M., & Christ, D. Aplicação de extratos de macroalga marrom (*Ascophyllum nodosum*) em sementes de milho condicionadas fisiologicamente sobre a germinação e crescimento inicial de plantas. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 22, n. 9, p. e6826-e6826, 2024.

ROSSI, Rubiana Falopa; CAVARIANI, Cláudio; DE BARROS FRANÇA-NETO, José. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SHAHZAD, B. et al. Role of 24-epibrassinolide (EBL) in mediating heavy metal and pesticide induced oxidative stress in plants: a **review**. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 935-944, 2018.

SILVA, André Lucas Januário. **24-Epibrassinolídeo atenua o estresse hídrico na fase de crescimento vegetativo e melhora o rendimento de plantas de soja**. 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8058>. Acesso em: 4 dez. 2024.

SOUZA, Adan Andrade de; SILVA, Lanna Liza do Nascimento. **Aplicação de brassinosteroides e de Azospirillum no cultivo do milho no nordeste paraense**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3387>. Acesso em: 21 de outubro de 2024.

SOUZA, L. C., Monteiro, G. G. T. N., Marinho, R. K. M., Souza, E. F. L., Oliveira, S. C. F., Ferreira, A. C. S., ... & Okumura, R. S. Metabolismo de nitrogênio em plantas de milho submetidas à deficiência hídrica, brassinosteróides e *azospirillum*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e276264, 2023.

TIRICO, Ricardo Brunelli. **Effects of 24-epibrassinolide in volatile constituents and biological activity of essential oils of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon flexuosus* (Poaceae)**. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/967768?guid=1708905605967&returnUrl=%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1708905605967%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D967768%23967768&i=1>. Acesso em: 4 dez. 2024.