



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

VIKTOR DA SILVA PIMENTEL

**INFLUÊNCIA DE MICRONUTRIENTES NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)**

**JURUTI-PARÁ
2024**

VIKTOR DA SILVA PIMENTEL

**INFLUÊNCIA DE MICRONUTRIENTES NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Área de concentração: Ciências Agrárias

Orientador(a): Prof. Dr. Renan Navroski

**JURUTI-PARÁ
2024**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/Ufopa

- P644i Pimentel, Viktor da Silva
Influência de micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.) / Viktor da Silva Pimentel. – Juruti, 2024.
51 p.: il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Renan Navroski.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Agronomia.
1. Tratamento de sementes. 2. Germinação. 3. Nutrientes. I. Navroski, Renan, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 631


VIKTOR DA SILVA PIMENTEL

**INFLUÊNCIA DE MICRONUTRIENTES NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no Campus
Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste
do Pará.

Conceito: **Aprovado**


Data da Aprovação: 07/10/2024

 Documento assinado digitalmente
RENAN NAVROSKI
Data: 14/10/2024 17:46:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Renan Navroski – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará

 Documento assinado digitalmente
MICHELLY RIOS AREVALO
Data: 14/10/2024 18:23:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Michelly Rios Areválo
Universidade Federal do Oeste do Pará

 Documento assinado digitalmente
MARIO ROBERTO NOGUEIRA COLARES
Data: 15/10/2024 10:16:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Mário Roberto Nogueira Colares
Universidade Federal do Oeste do Pará

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por sempre estar ao meu lado, sempre me dar o discernimento nas tomadas de decisões, me mostrar os caminhos certos que devo seguir, que toda honra e toda glória sejam do senhor Deus. Agradecer a minha família e a meus pais Raimunda Barros da Silva e Antonio Messias de Souza Pimentel, por tudo que proporcionam na minha vida, pelos incentivos de sempre buscar algo melhor, por sempre me conduzirem nos caminhos certos e nunca deixar nada faltar para mim e meus irmãos, obrigado eternamente pelo esforço de vocês na minha criação.

Agradeço ao meu orientador Renan Navroski pela orientação no trabalho de conclusão de curso, sempre esteve disposto a sanar dúvidas e sempre presente nas conduções dos experimentos, muito obrigado pelos ensinamentos e me auxiliar na minha formação profissional. Gostaria também de agradecer a professor Dayse Drielly Souza Santana Vieira pelas oportunidades de participar de projetos de pesquisas e extensão, foram essenciais para minha formação, me auxiliando no meu caráter profissional e contribuindo nos conhecimentos práticos da área de pesquisa.

À Universidade Federal do Oeste do Pará e ao Campus Juruti, por me proporcionar uma perspectiva de vida melhor através do curso, pelas ofertas de bolsas estudantis, sem essas oportunidades seria muito difícil a conclusão do curso, por estar longe de casa e pela condição financeira.

A todos os docentes e servidores do *Campus* Juruti, pelas amizades que construímos e sempre nos tratando com respeito, contribuindo de forma incrível para a formação de todos dos discentes. Em especial a minha turma pelo apoio e todos os incentivos de continuar e nunca desistir.

RESUMO

Diversas práticas têm sido adotadas visando o aumento da produtividade agrícola, dentre elas, o tratamento de sementes com produtos que estimulam o potencial fisiológico é uma alternativa eficaz para melhorar o desenvolvimento inicial das plantas. O uso de micronutrientes no tratamento de sementes, uma prática cada vez mais comum, fornece nutrientes essenciais para a germinação e o desenvolvimento das plântulas em campo. Desse modo, os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência de doses crescentes de boro no tratamento de sementes de milho e a sua interferência na qualidade fisiológica da semente, assim como a influência de diferentes doses de um complexo de micronutrientes. Os experimentos, divididos em dois capítulos, foram realizados no Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará, entre janeiro e maio de 2024. Ambos os estudos utilizaram o Delineamento Inteiramente Casualizado, com cinco tratamentos de diferentes dosagens: o primeiro experimento aplicou doses crescentes de boro (0; 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 g.kg⁻¹ de Boro), enquanto o segundo experimento utilizou dose de um complexo de micronutrientes (0; 20; 40; 60 e 80 g.kg⁻¹ de PC). As sementes foram pesadas e tratadas com suas respectivas doses pelo método úmido, onde se diluiu o produto em água destilada e posteriormente incorporado às sementes por agitação. As variáveis analisadas incluíram o teste de germinação, a primeira contagem de germinação, o índice de velocidade de germinação, o índice de velocidade de emergência, o comprimento de plântulas e massa seca das plântulas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão linear simples e quadrática, ao nível de 5% de significância, no programa estatístico SISVAR. No primeiro experimento, o boro teve efeito negativo para as variáveis germinação e primeira contagem de germinação, porém foi possível observar porcentagens de germinação que ainda se encaixam nos parâmetros para comercialização de sementes, e na variável primeira contagem de germinação houve uma perda de vigor considerável. As outras variáveis analisadas apresentaram efeito negativo mais aparentes com o uso das doses de boro comprometendo seus atributos de qualidade. No segundo experimento, o uso de doses crescentes de micronutrientes revelou efeitos negativos mais acentuados: a germinação foi reduzida para porcentagens muito baixas com o tratamento com micronutrientes. A primeira contagem de germinação e os índices de velocidade de germinação e emergência apresentaram comportamento semelhante. Houve também uma diminuição no comprimento e na massa seca das plântulas com o aumento das doses do complexo de micronutrientes, apresentando um impacto prejudicial na qualidade fisiológica das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas. O estudo demonstrou que o boro, em doses elevadas,

assim como o uso do complexo de micronutrientes, podem comprometer severamente a viabilidade, vigor e o desenvolvimento das plântulas, indicando a necessidade de cuidadosa moderação na aplicação desses nutrientes para o tratamento de sementes e a importância de novos estudos com novas dosagens, fontes dos elementos e métodos de tratamento.

Palavras-chaves: Tratamento de sementes; Germinação; Nutrientes; Boro.

ABSTRACT

Practices to increase agricultural productivity include seed treatment with products that stimulate physiological potential, an effective alternative to improve early plant development. The use of micronutrients in seed treatment, an increasingly common practice, provides essential nutrients for germination and seedling development in the field. The objectives of this study were to evaluate the influence of increasing doses of boron in the treatment of maize seeds and its influence on the physiological quality of the seed, as well as the influence of different doses of a micronutrient complex. The experiments, divided into two chapters, were carried out at the Juruti University Campus of the Federal University of Western Pará, between January and May 2024. Both studies used a completely randomized design, with five treatments of different doses: the first experiment applied increasing doses of boron (0; 0.10; 0.20; 0.30 and 0.40 g.kg⁻¹ of boron), while the second experiment used a dose of a micronutrient complex (0; 20; 40; 60 and 80 g.kg⁻¹ of PC). The seeds were weighed and treated with their respective doses using the wet method, where the product was diluted in distilled water and then incorporated into the seeds by stirring. The variables analyzed included germination test, primary germination count, index of germination velocity, index of emergence velocity, seedling length and seedling dry mass. The data obtained were submitted to analysis of variance and analyzed by simple and quadratic linear regression, at the level of 5% of significance, in the statistical program SISVAR. In the first experiment, boron had a negative effect on the variables germination and first germination number, but it was possible to observe germination percentages that still met the parameters for marketing seeds, and in the variable first germination number there was a significant loss of vigor. The other variables analyzed showed a more obvious negative effect with the use of boron doses, compromising their quality attributes. In the second experiment, the use of increasing doses of micronutrients had a more pronounced negative effect: germination was reduced to very low percentages with the micronutrient treatment. The first germination number and the germination and emergence speed indices showed a similar behavior. There was also a decrease in the length and dry mass of the seedlings with increasing doses of the micronutrient complex, which had a negative effect on the physiological quality of the seeds and the initial development of the seedlings. The study showed that boron at high doses, as well as the use of the micronutrient complex, can severely affect seedling viability, vigor and development, indicating the need for careful moderation in the use of these nutrients for seed treatment and the importance of further studies with new dosages, sources of the elements and treatment methods.

Keywords: Seed treatment; Germination; Nutrient; Boron.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Porcentagem de germinação (A), primeira contagem de germinação (PCG) (B), de sementes de milho híbrido tratadas com diferentes doses do micronutriente boro.	19
Figura 2- Índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de milho híbrido tratadas com diferentes doses do micronutriente boro.....	20
Figura 3- Índice de velocidade de emergência (IVE), de sementes de milho híbrido tratadas com diferentes doses do micronutriente boro.....	20
Figura 4- Plântulas de milho com sintomas de fitotoxicidade após o tratamento das sementes com diferentes dosagens do micronutriente boro.....	21
Figura 5- Comprimento total das plântulas (CTP), de sementes de milho híbrido tratadas com diferentes doses do micronutriente boro.....	22
Figura 6- Massa seca das plântulas (MSP), de sementes de milho híbrido tratadas com diferentes doses do micronutriente boro.....	22
Figura 7- Porcentagem de germinação de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	31
Figura 8- Primeira contagem de germinação de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	32
Figura 9- Índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	33
Figura 10- Índice de velocidade de emergência (IVE), de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	33
Figura 11- Comprimento total de plântula (CTP), de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	34
Figura 12- Massa seca das plântulas (MSP), de sementes de milho tratadas com diferentes doses do micronutrientes.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Cultura do milho	6
2.2 Qualidade fisiológica de sementes	7
2.3 Tratamentos de sementes com micronutrientes	8
2.4 Boro	10
3. CAPÍTULO 1 - Influência do boro na qualidade fisiológica de sementes de milho (<i>Zea mays</i> L.)	13
3.1 INTRODUÇÃO	15
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.4 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	23
4 CAPÍTULO 2 – Qualidade fisiológica de sementes de milho (<i>Zea mays</i> L.) tratadas com diferentes doses de micronutrientes	26
4.1 INTRODUÇÃO	28
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.4 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família das Poaceae (SILVA *et al.*, 2020). Esse grão é cultivado extensivamente em diversos países do mundo, devido à sua capacidade de se adaptar em diferentes ambientes e ao seu elevado valor nutricional, sendo utilizado na alimentação humana e animal (COSER, 2010).

Essa cultura demonstra um alto potencial de rendimento produtivo, mostrando uma resposta positiva no emprego de tecnologias avançadas em sua produção (PARREIRA FILHO *et al.*, 2020). A produção de milho se faz presente em todas as regiões do Brasil, sendo a maior parte da produção concentrada na região Centro-Oeste, em seguida vêm as regiões Sul e Sudeste (EICHOLZ *et al.*, 2020).

De acordo com o levantamento de dados coletados pela Companhia Nacional de Abastecimento – (CONAB), o Brasil registrou na safra 2022/2023 uma produção total de 131,8 milhões de toneladas de milho, correspondendo a um aumento de 16,6 % em comparação à safra anterior, resultado de incremento na área plantada, alcançando 22,2 milhões de hectares, e do aumento de produtividade que atingiu 5.922 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Utilizar sementes de alta qualidade é fundamental para otimizar a capacidade produtiva das culturas, quando inserida no ambiente agrícola, principalmente o milho (ROSSI *et al.*, 2017). A qualidade das sementes desempenha um papel crucial na velocidade de estabelecimento da cultura e na uniformidade de crescimento no campo de produção, fatores estes que têm influência direta na produtividade (LIMA *et al.*, 2023).

Sementes com baixa qualidade resultam em plantas menos vigorosas, menor densidade populacional e uma alta suscetibilidade a problemas fitossanitários. A qualidade de sementes é um fator primordial para o desenvolvimento da agricultura (LIMA *et al.*, 2023). A utilização de sementes de milho de excelente qualidade é indispensável para assegurar um estabelecimento eficiente da cultura no campo. Entretanto a escassez dessas sementes de qualidade, representa um fator negativo para elevar a produção do milho em vários países (FERREIRA, 2021).

A aplicação de micronutrientes no tratamento de sementes tem como objetivo principal a translocação dos elementos para a planta em desenvolvimento, gerando mais eficiência produtiva (CHENG, 1985). Dessa forma, ao fazer o enriquecimento das sementes com micronutrientes, é possível aumentar os níveis desses micronutrientes, fornecendo uma importante fonte de nutrição para a planta ao longo do seu ciclo de produção (PESSOA *et al.*, 1996). Contudo foi destacado por Ribeiro (1994) que o tratamento de micronutrientes via

sementes pode resultar em imprecisões, havendo uma margem estreita das doses recomendadas e o surgimento de deficiências e toxicidade.

Conforme mencionado por Fernandes *et al.* (2018), o boro é considerado um micronutriente essencial de forma indireta, significando que a planta consegue se desenvolver sem ele, mas sua ausência compromete o ciclo vegetativo dela.

Ele desempenha diversas funções importantes no metabolismo das plantas, contribuindo na formação da parede celular e na integridade da membrana plasmática. Ele tem influência também na divisão e alongamento celular, no metabolismo e transporte de açúcares, na estrutura e funcionamento das membranas, influencia a germinação dos grãos de pólen e o desenvolvimento do tubo polínico (MANTOVANI; CALONEGO; FOLONI, 2013).

A utilização desse micronutriente requer muita cautela, pois a margem entre a deficiência e toxicidade é bastante estreita e a toxidez é tão grave quanto a sua deficiência (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Neste contexto, conforme as informações disponibilizadas, postula-se a hipótese de que os tratamentos com o micronutriente boro em sementes de milho proporcionam uma melhora na qualidade fisiológica das sementes, assim como, o tratamento com um complexo de micronutrientes apresentam influência positiva na qualidade fisiológica de sementes de milho, melhorando seu desempenho inicial. Portanto, os objetivos dos trabalhos foram verificar a influência do boro no tratamento de sementes de milho e a sua interferência na qualidade na qualidade fisiológica das sementes, assim como, avaliar a influência de diferentes doses de micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de milho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do milho

Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), o milho é uma planta que faz parte da família das Poaceae, e se destaca como uma cultura importante no Brasil, ocupando a segunda posição entre os grãos mais produzidos no país.

A cultura apresenta um elevado potencial de produção, respondendo positivamente ao uso de tecnologias aplicada em seu cultivo, que inclui técnicas modernas desde o plantio até a colheita (PARREIRA FILHO *et al.*, 2020). Além de apresentar um papel fundamental na alimentação dos seres humanos e animais, o milho possui uma alta capacidade de ser utilizado na fabricação de uma variedade de produtos, que inclui, bebidas, combustíveis, polímeros, entre outros (MIRANDA, 2018).

O Brasil ocupa a terceira posição mundial na produção de milho, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da China (USDA, 2023), com uma produção de 131 milhões de toneladas na safra 2022/23. No Brasil, existem dois períodos de produção do milho, o primeiro período ocorre de outubro a janeiro, e o segundo de fevereiro a maio. Segundo dados da CONAB (2017), apenas 29% da produção de milho é realizada durante a primeira safra, enquanto os 71% são produzidos na segunda safra. Na safra 2022/23, foram colhidas cerca de 131.865,9 milhões de toneladas, refletindo um aumento de 16,6 % em comparação à safra anterior (CONAB, 2023).

No estado do Pará a produção de grãos tem um crescimento exponencial. De acordo com o 11º levantamento da safra de grão divulgado pela CONAB, a produção no estado teve uma estimativa de 4,5 milhões de toneladas na safra de 2022/2023, com um crescimento de 16,3% em relação à safra anterior, que foi de 3,9 milhões de toneladas, tendo a cultura do milho e soja sendo os grãos mais cultivados no estado. Foi registrado um aumento na segunda safra da área plantada e na produtividade do milho no estado, com acréscimo de 8,7% de área e 22,3% de produtividade, com um salto de 653,9 mil para 869,4 mil toneladas (CONAB 2023).

O milho tem sua reprodução através da polinização cruzada, possui flores masculinas e femininas na mesma planta. As plantas de milho são alógamas e, em geral, apresentam protandria, ou seja, o órgão masculino se torna funcional para a fecundação antes do órgão feminino. Esse fator facilita o processo de polinização cruzada (BARROS; CALADO, 2014). Seu sistema radicular não é muito profundo, mas possui eficiência na absorção de água e nutrientes. O caule é o tipo colmo, tendo a função de regulação do fluxo de substância na planta, enquanto as folhas possuem alta eficiência no processo de fotossíntese (C4). As estruturas reprodutivas são constituídas pelo pendão que é a parte masculina e as espigas parte feminina (VON PINHO *et al.*, 2017).

2.2 Qualidade fisiológica de sementes

A qualidade das sementes desempenha um papel importantíssimo na rapidez com que a cultura se estabelece e na uniformidade do seu crescimento no campo, tendo um impacto direto na produção. Sementes que possuem qualidade inferior, tendem a formar plantas menos vigorosas, menor densidade populacional e apresentar aumento de problemas fitossanitários. Por esses motivos, a qualidade das sementes é considerada um fator principal na agricultura (LIMA *et al.*, 2023).

O uso de sementes de alta qualidade é essencial para maximizar o potencial produtivo de uma cultura quando implantada no campo. Essa eficiência se dá pelos progressos alcançados no melhoramento genético vegetal, refletido no atributo genético que compõem a qualidade da semente. Esse atributo influencia significativamente as características físicas, fisiológicas e sanitárias (ROSSI *et al.*, 2017).

É destacado por Freitas e Nascimento (2006), que a utilização de sementes com elevada qualidade é essencial para a promoção de uma boa produtividade, e o aspecto fisiológico da qualidade das sementes vem sendo alvo de uma extensa pesquisa. Com o fator que as sementes passam por diversas alterações degenerativas após atingirem sua maturidade fisiológica.

A viabilidade fisiológica de uma semente determina a habilidade de desenvolver uma planta normal, através da germinação e vigor. O vigor de uma semente engloba diversas características que possibilitam a capacidade de ela germinar, mesmo em situações adversas. Conseqüentemente, sementes de baixo vigor resultam em uma redução da taxa e velocidade de emergência das plântulas, afetando também o seu tamanho inicial (SCHUCH *et al.*, 1999; SCHUCH *et al.*, 2000).

A avaliação do vigor das sementes pode ser feita por uma série de testes que vão analisar o desempenho das plântulas, que incluem comprimento, massa fresca e seca, aspectos fisiológicos como primeira contagem de germinação e velocidade de germinação, testes bioquímicos (como condutividade elétrica e teste de tetrazólio), e teste que analisam a resistência das sementes, como envelhecimento acelerado e teste de frio. É de grande importância a realização desses testes de forma combinada, para proporcionar uma avaliação mais precisa da qualidade de sementes (PESKE; BARROS, 2012).

É indispensável a utilização de sementes de milho de alta qualidade para garantir estabelecimento eficaz da cultura, porém a falta dessas sementes representa um obstáculo significativo no aumento da produção de milho em diversos países. O vigor da semente é conhecido como o método mais confiável para avaliar sua qualidade. Esta característica é

importante e serve como indicador da qualidade para a semente, tendo ligação direta com o desempenho no campo (FERREIRA, 2021).

2.3 Tratamentos de sementes com micronutrientes

O tratamento de sementes refere-se à aplicação de substâncias como fungicidas, inseticidas, inoculantes, estimulantes, produtos biológicos ou micronutrientes, que tem como principal objetivo a preservação e melhora do desempenho das sementes. Esses procedimentos possibilitam que as culturas expressem todo seu potencial genético (MENTEN *et al.*, 2010).

A utilização de micronutrientes no tratamento de sementes tem como objetivo principal transportar esses elementos para a planta na fase de crescimento, resultando em um aumento da eficiência produtiva (CHENG, 1985). Portanto, ao enriquecer as sementes com esses elementos, é viável aumentar seus teores, fornecendo assim uma fonte crucial de nutrição para a planta no período do seu ciclo de desenvolvimento (PESSOA *et al.*, 1996).

De acordo com Lemes *et al.* (2017), o uso de produtos e nutrientes que favorecem um melhor desempenho para as sementes no ambiente agrícola vem se tornando uma prática mais comum, contribuindo significativamente no aumento do potencial produtivo das culturas. O emprego de fertilizantes líquidos que incluem micronutrientes está se destacando ainda mais na agricultura atual. Os fertilizantes ricos em micronutrientes são aplicados via direta nas sementes para reduzir possíveis deficiências desses elementos ao longo dos processos de germinação, crescimento e produção de grãos (MARTINS *et al.*, 2016).

Segundo Bork *et al.*, (2018), é fundamental que os produtos e combinações desses produtos utilizados no tratamento de sementes devem não apenas proporcionar uma proteção maior para as sementes e facilitar o desenvolvimento inicial das plântulas, mas também não podem comprometer negativamente a qualidade fisiológica dos lotes de sementes. Isto é válido tanto imediatamente após o tratamento da semente quanto ao longo do armazenamento.

O tratamento de sementes é considerado um processo importante realizado antes do plantio, e nos últimos anos essa prática teve um crescimento significativo. Atualmente, estima-se que 95% das sementes semeadas no Brasil passam por algum tipo de tratamento (BAYER, 2019). Contudo, a aplicação de micronutrientes através do tratamento de sementes pode levar a imprecisões, porque existe uma margem estreita entre as doses recomendadas, podendo resultar em deficiência ou toxicidade. A ideia é aproveitar os processos de beneficiamento das sementes que são usados para fazer a adição de defensivos agrícolas, para incluir os micronutrientes necessários em dosagem ideais (RIBEIRO *et al.*, 1994).

Devido à baixa necessidade relativa de Boro e Zinco pelas plantas, há uma ênfase na adição desses micronutrientes por meio de tratamento via semente, por oferecer vantagens significativas na distribuição mais uniforme dos nutrientes e uma redução no custo de produção, uma vez que a quantidade necessária é menor do que na adubação via solo e nutrição foliar (PARDUCCI *et al.*, 1989). Os micronutrientes são aqueles nutrientes que as plantas precisam em quantidades reduzidas, incluindo: Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn) (CESARIN, 2018):

Cobre (Cu)

O cobre se encontra combinado com enxofre na forma de sulfetos. A forma iônica que as plantas absorvem é Cu^{2+} (GIRACCA; NUNES, 2010). O cobre desempenha um papel crucial em vários processos fisiológicos, como a fotossíntese, a respiração, a distribuição de carboidratos, a redução e fixação do nitrogênio, bem como o metabolismo de proteínas e nas paredes celulares (DECHEN, 1988). Ele regula o equilíbrio hídrico das plantas e a produção de RNA e DNA, e sua deficiência pode reduzir significativamente a produção de sementes ao aumentar a esterilidade do pólen (GALLO *et al.*, 1976).

Ferro (Fe)

O ferro é encontrado no solo principalmente na forma de óxidos primários, com a hematita e magnetita. Com o processo de intemperismo, a concentração de óxidos e hidróxidos de ferro aumenta. Mesmo em solos com altos níveis de ferro, a deficiência pode ocorrer porque apenas uma pequena quantidade de ferro permanece solúvel. A forma iônica que as plantas absorvem é Fe^{2+} (GIRACCA; NUNES, 2010). O ferro é essencial para a transformação de energia necessária para a síntese e outros processos vitais das células das plantas. Ele faz parte das hemoproteínas e de outras proteínas não heme, e desempenha um papel crucial no mecanismo de transferência de elétrons durante a fotossíntese, na redução de nitratos e sulfatos, no metabolismo de ácidos nucleicos e na formação de clorofila. Além disso, as funções catalíticas dos íons Fe^{2+} e Fe^{3+} são amplamente reconhecidas (DECHEN, 1988; BORKERT, 1989).

Manganês (Mn)

O manganês está presente em diversos minerais, principalmente combinado com oxigênio e silício. Nos solos, as formas mais comuns de manganês são os óxidos e sulfetos. A disponibilidade desses nutrientes pode variar significativamente, o que pode levar a deficiências ou toxicidades nas plantas, dependendo da solubilidade dos compostos de manganês presentes no solo (GIRACCA; NUNES, 2010).

Ele desempenha um papel crucial em vários processos metabólicos, incluindo a ativação e formação de enzimas. Ele está envolvido na fotólise da água (reação de Hill) que ocorre nos cloroplastos, onde elétrons liberados da água são transferidos para o fotossistema II, a molécula de clorofila, por meio de enzimas contendo Mn. Além disso, várias enzimas na fase escura de fotossíntese são ativadas pelo manganês, tanto em plantas que fixam carbono pelo ciclo C3 quanto nas que utilizam o ciclo C4 (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Molibdênio (Mo)

O molibdênio aparece principalmente na forma de sulfetos e óxidos. A maior parte do molibdênio no solo está incorporada em minerais primários e secundários. O intemperismo desses minerais libera íons molibdato, cuja solubilidade aumenta em condições alcalinas, ao contrário de outros micronutrientes metálicos como cobre, ferro, manganês e zinco. O molibdênio desempenha um papel importante na fixação do nitrogênio pelas bactérias, especialmente nas leguminosas (GIRACCA; NUNES, 2010).

Zinco (Zn)

O zinco está presente em várias rochas, tanto básicas quanto ácidas, e é encontrado em compostos como sulfetos, carbonatos, silicatos e fosfatos. Ele desempenha um papel importante na síntese do aminoácido triptofano, que é um componente do hormônio de crescimento. Plantas com deficiência de zinco tendem a ser menores, com crescimento atrofiado e internódios curtos, além de apresentarem cloroses entre as nervuras. O zinco é essencial para a síntese de proteínas, o desenvolvimento das partes florais, a produção de grão e sementes, e a maturação precoce das plantas (GIRACCA; NUNES, 2010). No cultivo do milho, o zinco é um micronutriente de grande importância, contribuindo significativamente para o aumento da altura das plantas, o número de folhas, a produção de forragem e grãos, além de elevar o teor total de nitrogênio e proteínas nos grãos (DECARO *et al.*, 1983).

2.4 Boro

O boro é um micronutriente essencial, desempenha uma série de funções vitais no metabolismo das plantas, atuando na formação da parede celular e na manutenção da integridade da membrana plasmática. Tem influência na divisão e alongamento celular, no metabolismo e transporte de açúcares, bem como na estrutura e no funcionamento das membranas. O boro exerce influência na germinação do grão de pólen e no desenvolvimento do tubo polínico (MANTOVANI; CALONEGO; FOLONI, 2013).

Segundo Fernandes *et al.* (2018), o boro é classificado com um micronutriente essencial de maneira indireta, em que resulta que a planta pode crescer sem ele, porém sua falta

prejudica o seu desenvolvimento vegetativo. Este elemento desempenha um papel importantíssimo na formação de sementes e na fertilização das flores, tornando-se fundamental para o processo reprodutivo.

As plantas absorvem o boro na forma de ácido bórico ou borato, ele é conhecido por ser imóvel no floema para a maioria das espécies vegetais (MENGEL; KIRKBY, 1987). Sendo um micronutriente com baixa capacidade de movimentação no floema, os sinais de deficiência surgem em tecidos jovens ou recentemente formados (TOMBULOGLU *et al.*, 2016).

Nos solos brasileiros, o micronutriente boro é considerado um fator restritivo em áreas com aptidão para a agricultura, devido à baixa disponibilidade natural desse elemento no solo. Corrigir essa deficiência é fundamental para maximizar a produtividade em diferentes regiões no país (SANTINI *et al.*, 2015).

Segundo Hansel e Oliveira (2016), a presença do boro nos solos brasileiros é influenciada por uma variedade de elementos, que incluem a composição do material de origem e a formação do solo, que afetam a capacidade de reter a água, aeração e a temperatura. Solos arenosos, com elevada precipitação pluviométrica e baixos níveis de matéria orgânica, além de apresentarem pH fora da faixa de 5,0 a 7,0, apresentam maior deficiência de boro.

A aplicação de boro promove o desenvolvimento vegetal e fortalece a resistência ao estresse, resultando em um aumento na produtividade de grãos. A escassez global de boro nos solos supera qualquer outra deficiência de micronutriente que podemos observar nas plantas (OJHA; DAWSON; RANA, 2023).

No milho o boro é conduzido pelo xilema dentro da planta, sendo transportado através do fluxo transpiratório até um órgão específico, onde permanece fixo e não se transloca para outras regiões da planta. Foi destacado por Yamada e Lopes (1998), que a imobilidade do boro na cultura do milho é evidenciada pela concentração mais elevada desse elemento em folhas maduras em comparação a folhas mais jovens, especificamente em estado de deficiência do micronutriente.

Goldbach *et al.* (2007) observaram que a carência de boro resultou em esterilidade nas plantas de milho, em níveis inadequados de boro disponível no solo foram associados a redução do rendimento das culturas, deterioração da qualidade dos grãos e aumento da suscetibilidade de doenças nas culturas. A aplicação desse micronutriente requer muito cuidado, pois a diferença entre deficiência e toxicidade é mínima, sendo que os danos pela toxicidade são tão severos quanto os provocados pela sua deficiência (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Os sinais de toxicidade por boro são visíveis preliminarmente nas bordas das folhas maduras, que ao longo ciclo vegetativo se tornam cloróticas e podem desenvolver necrose. Isso ocorre pelo fato que o boro é transportado pela planta em função da taxa de transpiração foliar, em que o boro se acumula nas folhas ao fim desse fluxo (YAU *et al.*, 1995). Ocorrendo também a diminuição da altura e da produção de biomassa pelas plantas (AHMED *et al.*, 2013).

3. CAPÍTULO 1 - Influência do boro na qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do micronutriente boro na qualidade fisiológica de sementes de milho híbrido. O experimento foi realizado no Laboratório de Ensino de Microscopia e na casa de vegetação II, do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará, na cidade de Juruti-Pá, no período de janeiro a maio de 2024, em Delineamento Inteiramente Casualizado, com 5 tratamentos, sendo as dosagens crescentes: 0; 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 g.kg⁻¹ de boro. Foram utilizadas 4 repetições por tratamento com 50 sementes por repetição, totalizando 20 unidades experimentais. A fonte de boro utilizada foi o produto comercial B10 da marca Codipa®, contendo 10% de boro na densidade de 1,28 kg.l⁻¹ em sua composição. O tratamento utilizado foi o por via úmida, onde as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 2,0 kg, após a aplicação do produto sobre as sementes, e então foram agitadas de forma enérgica por três minutos, buscando uniformizar a distribuição do tratamento, após, as sementes tratadas foram colocadas em ambiente de laboratório para secagem natural. Foram avaliadas as seguintes variáveis: teste de germinação, primeira contagem de germinação, velocidade de germinação, velocidade de emergência, comprimento de plântulas e massa seca das plântulas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão linear simples, ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR. A utilização do micronutriente boro no tratamento das sementes de milho apresentou influência na qualidade fisiológica das sementes. Nas variáveis germinação e primeira contagem apresentaram redução nas porcentagens, porém ainda de acordo com os parâmetros avaliados para a comercialização de sementes, para as outras variáveis analisadas a dosagem mínima e máxima apresentaram interferência negativa, causando uma redução linear dos dados avaliados. Esses resultados indicam a importância de uma dosagem adequada de boro para otimizar a qualidade fisiológica das sementes de milho e o desenvolvimento inicial das plântulas.

Palavras-chave: Tratamento de sementes; Micronutrientes; Germinação; Qualidade de sementes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of the micronutrient boron on the physiological quality of hybrid maize seeds. The experiment was carried out in the Microscopy Teaching Laboratory and in the Green House II, at the Juruti University Campus of the Federal University of Western Pará, in the city of Juruti-Pa, from January to May 2024, in a completely randomized design, with 5 treatments, the increasing doses being: 0; 0.10; 0.20; 0.30 and 0.40 g.kg⁻¹ of boron. Four replicates were used per treatment, with 50 seeds per replicate, for a total of 20 experimental units. The boron source used was the commercial product B10 of the Codipa® brand, which contains 10% boron at a density of 1.28 kg.l⁻¹ in its composition. The treatment used was the wet treatment, in which the seeds were placed in plastic bags with a capacity of 2.0 kg. After applying the product to the seeds, they were shaken vigorously for three minutes to distribute the treatment evenly, after which the treated seeds were placed in a laboratory environment for natural drying. The following variables were evaluated: germination test, primary germination count, germination velocity, emergence velocity, seedling length and seedling dry mass. The data obtained were subjected to analysis of variance and analyzed by regression simple linear, at a 5% significance level, using SISVAR software. The use of the micronutrient boron in the treatment of maize seeds had an influence on the physiological quality of the seeds. In the variables germination and first count, there was a reduction in the percentages, but still in accordance with the parameters evaluated for the marketing of seeds, for the other variables analyzed, the minimum and maximum dosage showed negative interference, causing a linear reduction in the data evaluated. These results indicate the importance of an adequate boron dosage to optimize the physiological quality of corn seeds and the initial development of seedlings.

Keywords: Seed treatment; Micronutrients; Germination; Seed quality.

3.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem havido um aumento na disponibilidade de produtos comerciais que contêm micronutrientes e sua aplicação na agricultura. Aplicar esses micronutrientes via tratamento de sementes oferece várias vantagens, como melhorar a uniformidade de aplicação dos produtos, garantir um bom aproveitamento pelas plantas e, principalmente, reduzir os custos associados a aplicação desses produtos na parte aérea das plantas (LUCHESE *et al.*, 2004). Além disso, os micronutrientes ajudam as plantas a resistirem a estresses abióticos, como a seca, e a estresse bióticos, como pragas e doenças, devido a sua eficiência no uso da água e na manutenção da saúde das plantas (ANGLE *et al.*, 2017).

A alta qualidade das sementes é essencial para assegurar um bom desempenho nas lavouras. Entre os principais fatores que determinam a qualidade das sementes estão a sua qualidade genética, pureza física, bem como a qualidade fisiológica e sanitária (COSTA *et al.*, 2023). Diversos elementos podem impactar a qualidade das sementes, mas o estado nutricional das sementes é igualmente crucial. A quantidade de nutrientes disponível para as sementes está relacionada com o aumento da produtividade e desempenha um papel fundamental na formação do embrião, dos tecidos de reserva e da camada externa da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A aplicação de micronutrientes pode ser feita de várias maneiras, como a aplicação foliar, o tratamento de sementes antes da semeadura, que envolve a imersão das sementes em uma solução com a concentração definida do micronutriente, a adição direta dos micronutrientes às sementes no momento da semeadura, ou ainda através do processo de peletização (ALMEIDA *et al.*, 2015).

O boro desempenha um papel fundamental na produção das plantas, influenciando a estrutura e o funcionamento das membranas celulares, a formação da parede celular, a regulação das enzimas, além da síntese e transporte de carboidratos e proteínas (RODRIGUES *et al.*, 2019). Quando há deficiência desse micronutriente, as estruturas celulares de órgãos como as sementes podem ser afetadas. O boro é essencial para a formação da lignina, que impacta diretamente a qualidade das sementes, influenciando a germinação, a suscetibilidade a quebras, a rigidez, a permeabilidade à água e a resistência à deterioração (BELLALLOUI *et al.*, 2017).

Como as plantas são mais suscetíveis à falta de boro durante a fase reprodutiva do que na fase vegetativa (AHMAD *et al.*, 2009), acredita-se que a deficiência de boro resulta em sementes com menor viabilidade e vigor.

Portanto, com base nas informações reunidas na literatura, foi formulada a hipótese que o micronutriente boro no tratamento de sementes de milho promove uma interferência na qualidade fisiológica das sementes. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência do boro na qualidade fisiológica de sementes de milho.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará, na cidade de Juruti-Pá, nas seguintes coordenadas geográficas 02°08'59.23'' de latitude S e 56°04'52.51'' de longitude O, no período de janeiro a maio de 2024, no Laboratório de Ensino em Microscopia e na casa de vegetação II.

Foram utilizadas sementes de uma cultivar híbrida FS715 pwu, já tratadas com fungicida, adquirida no comércio local do município. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos em cada experimento, sendo as dosagens de boro crescentes: 0; 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 g.kg⁻¹ de semente, foram utilizadas 4 repetições por tratamento com 50 sementes por repetição, totalizando 20 unidades experimentais.

Foi utilizado o produto comercial B10 da marca Codipa®, contendo 10% de boro na densidade de 1,28 kg.l⁻¹ em sua composição. Foram utilizadas 300g de sementes para cada tratamento, sobre as quais se adicionou as doses, diluída em água destilada, completando-se sempre o volume para 15mL.

A solução com as doses boro foi aplicada nas sementes acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 2,0 kg. Depois da realização de aplicação do produto sobre as sementes, foram agitados vigorosamente durante três minutos, visando uma distribuição homogênea do tratamento sobre as sementes (NUNES, 2005). Em seguida, as sementes tratadas foram colocadas para secar em ambiente de laboratório.

Após o tratamento, as sementes foram submetidas aos seguintes testes: Teste de germinação, primeira contagem de germinação (PCG), velocidade de germinação (IVG), velocidade de emergência (IVE), Comprimento de Plântulas e Massa seca das plântulas.

Teste de germinação e primeira contagem de germinação (PCG)

Os testes de germinação das sementes e primeira contagem de germinação foram conduzidos em papel “germitest” umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa (g) seca do substrato, em quatro repetições de 50 sementes. Os rolos de papel foram mantidos em um germinador tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a uma temperatura de 25°C. As contagens de germinação foram realizadas aos quatro dias após a semeadura para determinação

a variável primeira contagem de germinação e aos sete dias após a instalação do teste foi feita a avaliação do teste de germinação, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras Para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Para o cálculo da percentagem de germinação (BRASIL, 2009), foi utilizada a fórmula:

$$G = (N/A).100$$

Em que:

G= é a germinação, em porcentagem;

N= número de sementes germinadas;

A= é o número total de sementes dispostas para germinar

Velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado juntamente com o teste padrão de germinação, efetuando-se contagens diárias das plântulas normais até os sete dias após a sementeira, e aplicando-se ao final a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn),$$

Em que:

IVG= índice de velocidade de germinação;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias após a sementeira.

Velocidade de emergência (IVE)

A velocidade de emergência (IVE) foi conduzida em bandejas plástica com areia lavada e esterilizada, utilizando 50 sementes por repetição, semeadas com 1 cm de profundidade e distantes 2 cm entre si, anotando-se, diariamente, até o final (dez dias) as plântulas com o coleóptilo acima da superfície do substrato. O substrato foi umedecido sempre que necessário. O índice de velocidade de germinação (IVG) e emergência (IVE) foi calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn),$$

Em que:

IVE. = índice de velocidade de emergência;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias após a sementeira.

Comprimento de Plântulas

Foram realizadas medições ao final do teste de germinação, das plântulas, medindo separadamente a parte aérea e a raiz com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Massa seca das plântulas

Ao final do teste de germinação, após a medição, as plântulas foram colocadas em sacos de papel (um saco para cada rolinho do teste de germinação) e levados à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 80°C por um período de 24 horas (NAKAGAWA, 1999).

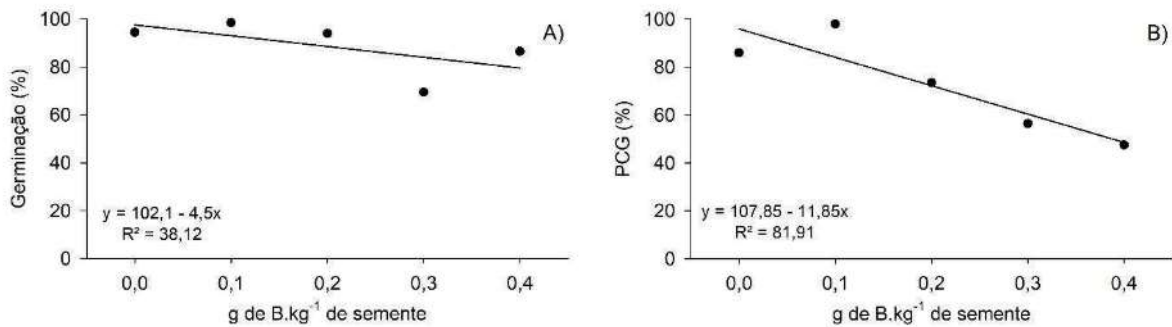
Após a coleta dos dados de todos os testes dos experimentos, as análises estatísticas foram executadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão, ao nível de 5% de significância.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados indicou diferenças significativas para o tratamento de sementes com o boro, em todas as variáveis analisadas no estudo, sendo que o modelo de regressão linear simples se ajustou para todas as variáveis.

Na Figura 1 observa-se os dados referentes à porcentagem de germinação (Figura 1A) e os dados da primeira contagem de germinação (Figura 1B). A germinação apresentou interação significativa para as dosagens de boro, onde foi observado um efeito inversamente proporcional, representado pela redução da porcentagem de germinação com incremento nas doses de boro, mesmo mostrado esse efeito inversamente proporcional, três tratamentos que utilizaram doses de boro apresentaram percentuais de germinação ainda aceitáveis para a comercialização (>80%). Na variável primeira contagem de germinação (Figura 1B) os dados apresentaram diferença estatística, onde os tratamentos que receberam maiores dosagens apresentaram uma redução linear deste atributo, representando uma perda de vigor considerável.

Figura 1: Porcentagem de germinação (A), primeira contagem de germinação (PCG) (B), de sementes de milho híbrido tratadas com doses crescentes de boro



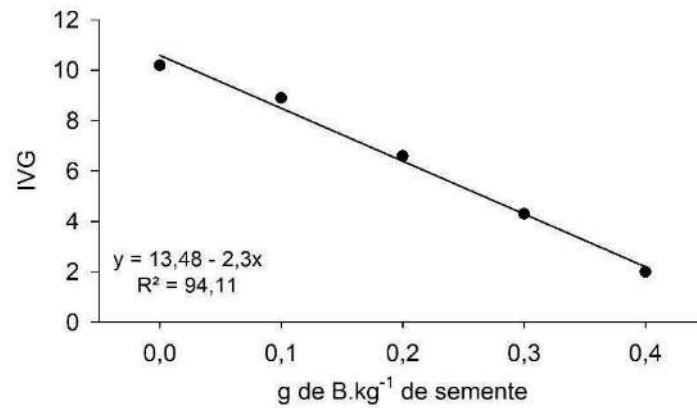
Fonte: Autor (2024).

Os resultados deste estudo são diferentes daqueles observados por Ávila *et al.* (2006), os quais relataram incrementos na taxa de germinação e no vigor de sementes de milho após a aplicação de Zinco, Molibdênio e Boro. Em relação à cultura do arroz, Leite *et al.* (2011) não encontraram impactos relevantes ao aplicar Boro em diversos estágios do ciclo da planta, quando avaliaram a taxa de germinação e vigor das sementes. Em estudo com sementes de soja, Vanzolin *et al.* (2006) observaram que as sementes tratadas com micronutrientes demonstraram uma melhora significativa na taxa de germinação em comparação com o grupo controle não tratado. Pessoa, Luchese e Luchese (2000) constataram que a aplicação de ácido bórico em água destilada, em concentrações iguais ou superiores a 0,20 g.kg⁻¹, resultou na diminuição e no retardo da germinação de sementes de milho, para a dose de 4 g de B kg⁻¹ de sementes, não houve germinação das sementes.

Os dados apresentados na Figura 2 demonstram que a variável índice de velocidade de germinação respondeu de maneira significativa com o aumento das doses, ocorrendo uma redução linear. Para a variável índice de velocidade de emergência (Figura 3), observa-se resultado semelhante ao IVG, onde o aumento da dose de boro diminui a velocidade de emergência das plântulas. Esses resultados corroboram com, Diniz *et al.* (2009), que observaram que a qualidade das sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) foi comprometida ao aplicar o dobro da dose recomendada de produtos à base de micronutrientes.

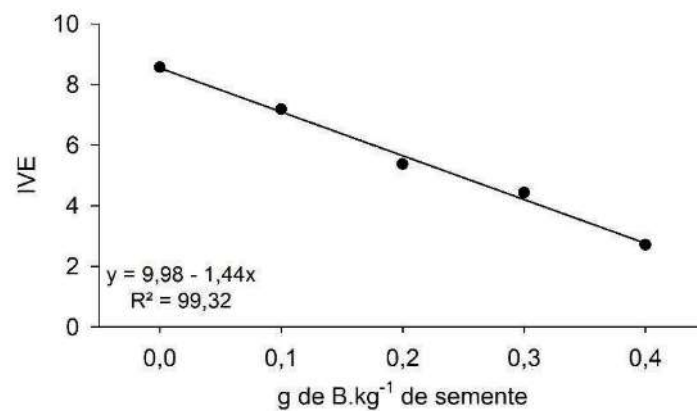
Em contraste, no estudo conduzido por Diniz *et al.* (2007), foi constatado que a adição de micronutrientes no tratamento de sementes de alface resultou em um aumento tanto na taxa de germinação das sementes quanto no índice de velocidade de emergência das plântulas.

Figura 2: Índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de milho híbrido tratadas com doses crescentes de boro



Fonte: Autor (2024).

Figura 3: Índice de velocidade de emergência (IVE), de sementes de milho híbrido tratadas com doses crescentes de boro



Fonte: Autor (2024).

Em um estudo realizado por Rosal *et al.* (2019), onde sementes de milho foram peletizadas com diferentes quantidades de boro, foi observado que as sementes tratadas com doses de boro iguais ou superiores a 0,15 g kg⁻¹ de B apresentaram uma redução na taxa de germinação. Este estudo destacou a sensibilidade das sementes de milho híbrido ao tratamento com boro, resultando em significativa perda de qualidade fisiológica, afetando tanto a germinação quanto o vigor das sementes. Nas avaliações de velocidade de emergência foi possível observar sintomas de fitotoxicidade nas plântulas, onde os tratamentos que receberam

dosagem maior que $0,10 \text{ g.kg}^{-1}$ de boro apresentaram sintomas bem visíveis e característicos de fitotoxidez (Figura 4). Pessoa, Luchese e Luchese (2000), em sua pesquisa com a cultura do milho, descobriram que altos níveis de boro podem se acumular, resultando em fitotoxidez, o que pode levar à morte do embrião durante a germinação, uma vez que a semente no processo de germinação não possui mecanismos eficazes para regular a absorção de boro através da água, que ocorre de maneira passiva.

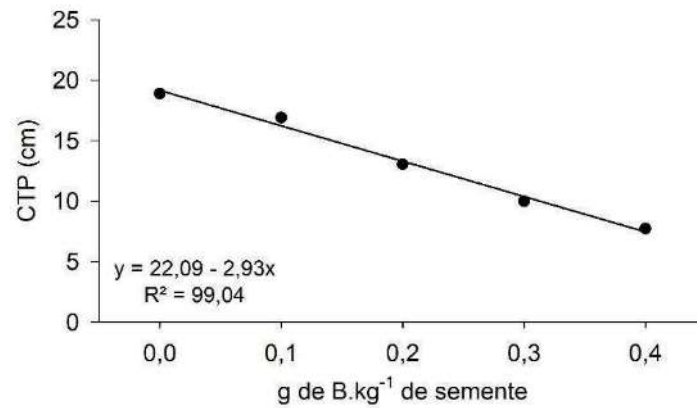
Figura 4: Plântulas de milho com sintomas de fitotoxicidade após o tratamento das sementes com diferentes doses crescentes de boro.



Fonte: Autor (2024).

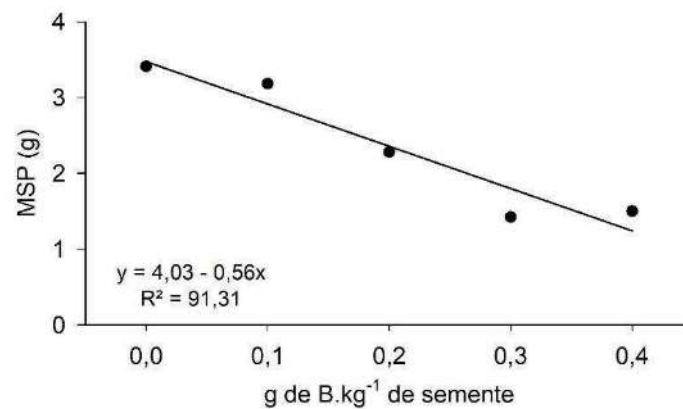
Na Figura 5 observa-se os resultados da variável comprimento de plântula, onde constatou-se redução no comprimento das plântulas com o aumento das doses. Na Figura 6 os dados referentes à variável massa seca das plântulas, observou-se o mesmo comportamento que a variável comprimento das plântulas, onde com o aumento da dosagem ocorreu redução da massa seca total.

Figura 5: Comprimento total das plântulas (CTP) provenientes de sementes de milho híbrido tratadas com doses crescentes de boro.



Fonte: Autor (2024).

Figura 6: Massa seca das plântulas (MSP) provenientes sementes de milho híbrido tratadas com doses crescentes de boro



Fonte: Autor (2024).

Discordando dos resultados obtidos por Sousa *et al.* (2016), onde foi observado um aumento no comprimento e na biomassa das plântulas de trigo após o tratamento das sementes com diversas fontes de Zinco e Boro. No trabalho com sementes de couve-flor realizado por Souza (2024), verificou-se que a aplicação do boro resultou em valores reduzidos para todos os parâmetros associados à germinação e ao vigor das sementes testadas em condições controladas de laboratório (incubadora B.O.D.). Por outro lado, a utilização de ácido bórico em sementes de melancia teve um efeito benéfico nas características como altura da planta e peso da parte aérea, sendo sugerido o uso da dose 25,5 g de B kg⁻¹ para maximizar a produção de biomassa das mudas (SILVA-MATOS *et al.*, 2017).

3.4 CONCLUSÃO

Este estudo destacou a sensibilidade das sementes de milho híbrido ao tratamento com boro, resultando em significativa perda de qualidade fisiológica, afetando negativamente, tanto a germinação quanto o vigor das sementes. Apesar da diminuição da germinação, ainda foi possível verificar nos dados analisados, valores de porcentagem de germinação aceitáveis para comercialização.

Nas variáveis relacionadas ao vigor das sementes (primeira contagem da germinação, velocidade de germinação, velocidade de emergência, comprimento de plântulas e massa seca das plântulas) apresentaram resultados negativos com o incremento nas doses de boro, evidenciando a perda de vigor.

São necessários mais estudos, testando métodos de tratamento, fontes de boro e doses, além de se verificar os mecanismos fisiológicos que são afetados pelo boro.

REFERÊNCIAS

AHMAD, w. et al. Papel do boro no crescimento das plantas: uma revisão. **Journal of Agricultural Research**, Beaver Creek, n. 47, p. 1122–1134, 2009.

ÁVILA, M. R.; LUCCA, A. B.; SCAPIM, C. A.; TAKARA, D. M.; PAIOLA, L. A.; SANOS, F. F. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.4, 535-543. 2006

ANGLE, S. J et al. Role of fertilizers for climate-resilient agriculture. **Proceedings of the International Fertiliser Society**, London, v.802, p.1- 44, 2017.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Regras para análise de sementes, Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 21 jan de 2024.

BELLALOUI, N. et al. Seed nutrition and quality, seed coat boron and lignin are influenced by delayed harvest in exotically-derived soybean breeding lines under high heat. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 8, p. 1563, 2017

CARVALHO, N. M; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: **Funep**, 2000. 588 p.

COSTA, S. V. da; SILVA, R. S. e; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. Produção de sementes. **Embrapa**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/producao-de-sementes>. Acesso em: 22 jun de 2024.

- DINIZ, K.A.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, P.A.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, M.L.M. Qualidade de sementes de alface enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v 1, n. 01, p. 228-238, 2009.
- DINIZ, K.A.; SILVA, P.A.; VEIGA, A.D.; ALVIM, P.O.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de alface revestidas com diferentes doses de micronutrientes, aminoácidos e reguladores de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 396-400, 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- LEITE, R.F.C. SCHUCH, L.O.B.; AMARAL, A.S. TAVARES, L.C. 2011. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.4, p.785-791.
- LUCHESE, A.V et al. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.6, p.1949-1952, nov./dez. 2004.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. **ABRATES**, Londrina, 1999. p.2.1-2.24
- NUNES, J.C. Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. **Syngenta Proteção de Cultivos Ltda**, Londrina. 16p. 2005.
- PESSOA, A. C. S.; LUCHESE, E. B.; LUCHESE, A. V. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Londrina, v.24, p.939-945, 2000.
- ROSAL, R.; SOUSA, J. A.; SOUSA, M. V.; SOUSA, P. G. F. Desenvolvimento de plântulas do milho, utilizando sementes peletizadas com doses crescentes de boro. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 10., 2019. **Anais [...] Palmas**, Palmas. IFTO, 2019. p.1-8.
- RODRIGUES, L. U. et al. Morphophysiological and grain yield responses to foliar and soil application of boric acid on soybean. **Communications in soil Science and plant analysis**, New York, v. 50, n. 13, p. 1640-1651, 2019.
- SOUZA J.; ARAUJO, V.M.M; CLARETE, C.E. Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. **Brazilian Journal of Agriculture**, Cuiabá, v.91, n.3, p. 274 - 284, 2016. Disponível:
https://www.researchgate.net/publication/339989544_GERMINACAO_DE_SEMENTES_DE_TRIGO_TRATADAS_COM_ZINCO_E_BORO/citations. Acesso em: 22 Ago de 2024.

SOUZA, Emanuele Possas de. **Sementes peliculizadas e peletizadas com boro e molibdênio na qualidade fisiológica e produção da couve-flor**. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2024.

SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da *et al.* Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 40, n. 4, p. 728-735, 2017.

VANZOLINI, Silvelena.; MARTINELLI-SENEME, Adriana.; SILVA, Marco Antonio. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja tratadas com micronutrientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 309, p. 590-596, 2006.

4 CAPÍTULO 2 – Qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.) tratadas com diferentes doses de micronutrientes

RESUMO

A utilização de micronutrientes no tratamento de sementes podem ser uma alternativa muito eficiente para melhorar a qualidade fisiológica e o desenvolvimento primário das plantas. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho híbrido tratadas com um complexo de micronutrientes. O estudo foi conduzido no Laboratório de Ensino de Microscopia e na casa de vegetação II, do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará, em Delineamento Inteiramente Casualizado, com 5 tratamentos, sendo as dosagens crescentes 0; 20; 40; 60 e 80 g.kg⁻¹ de semente do produto comercial, foram utilizadas 4 repetições por tratamento com 50 sementes por repetição. A fonte de micronutrientes utilizada foi o produto comercial Dripsol Micro Rexene Equilíbrio, com a formulação composta por Magnésio, Boro, Ferro, Zinco, Manganês, Cobre e Molibdênio. O tratamento das sementes foi por via úmida, em sacos plásticos com capacidade de 2,0 kg. Após a aplicação do produto sobre as sementes, elas foram agitadas de forma enérgica por três minutos, buscando uniformizar a distribuição do tratamento, as sementes tratadas foram posteriormente colocadas em ambiente de laboratório para secagem. Foram avaliadas as seguintes variáveis: teste de germinação, primeira contagem de germinação, velocidade de germinação, velocidade de emergência, comprimento de plântulas e massa seca das plântulas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, realizada a análise de regressão linear quadrática, ao nível de 5% de significância. O tratamento com micronutrientes resultou em efeitos negativos significativos em vários parâmetros de germinação e crescimento das plântulas. Houve uma redução linear na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de germinação conforme a dose de micronutrientes aumentava. A primeira contagem de germinação também diminuiu com o aumento das doses, e tanto o comprimento quanto a massa seca das plântulas foram reduzidos. O índice de velocidade de emergência, no entanto, não apresentou variações significativas. O aumento das doses de micronutrientes teve um impacto prejudicial na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas, reduzindo sua qualidade fisiológica.

Palavras-chaves: Vigor; Tratamento de sementes; Germinação.

ABSTRACT

The use of micronutrients in seed treatment can be a very efficient alternative to improve the physiological quality and primary development of plants. The objective of this study was to evaluate the physiological quality of hybrid maize seeds treated with a micronutrient complex. The study was carried out in the Microscopy Teaching Laboratory and in the Green House II, at the Juruti University Campus of the Federal University of Western Pará, in a completely randomized design with 5 treatments, the increasing dosages being 0; 20; 40; 60 and 80 g.kg⁻¹ of seed of the commercial product, 4 replicates per treatment, with 50 seeds per replicate. The source of micronutrients used was the commercial product Dripsol Micro Rexene Equilíbrio, with a formulation consisting of magnesium, boron, iron, zinc, manganese, copper and molybdenum. The seeds were treated wet, in plastic bags with a capacity of 2.0 kg. After the product was applied to the seeds, they were shaken vigorously for three minutes to evenly distribute the treatment. The treated seeds were then placed in a laboratory environment to dry. The following variables were evaluated: germination test, first germination count, germination rate, emergence rate, seedling length and seedling dry mass. The data obtained were subjected to analysis of variance and, when significant, regression quadratic linear analysis was performed at a 5% level of significance. Treatment with micronutrients resulted in significant negative effects on various germination and seedling growth parameters. There was a linear decrease in germination percentage and germination speed index with increasing dose of micronutrients. The first germination number also decreased with increasing doses, and both seedling length and dry mass were reduced. However, the speed of emergence index did not vary significantly. Increasing the doses of micronutrients had a negative effect on the germination and initial development of the seedlings, reducing their physiological quality.

Keywords: Vigor; Seed treatment; Germination.

4.1 INTRODUÇÃO

Os micronutrientes oferecem benefícios que afetam a absorção e a eficiência do uso de nitrogênio e água, além de promoverem resistência a estresses abióticos e bióticos (DIMKPA; BINDRABAN, 2016). Para Hussain *et al.* (2016), a falta de micronutrientes está relacionada a problemas na fisiologia e nos processos metabólicos das plantas.

Os micronutrientes desempenham papéis importantes em diversos processos bioquímicos e fisiológicos durante a germinação e o desenvolvimento das plântulas no campo, ajudando na estabilização das membranas, na desintoxicação de espécies reativas de oxigênio e no metabolismo secundário das plantas (MONDAL; BOSE, 2019). Eles estão presentes em todas as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, incluindo metabolismo energético, metabolismo primário e secundário, regulação dos genes responsáveis pela biossíntese de proteínas, além de vários processos de sinalização e transdução celular (BHAT *et al.*, 2020).

Sementes de alta qualidade são identificadas por seu elevado potencial fisiológico, boa saúde e altos índices de pureza física e genética. O potencial fisiológico das sementes está ligado à sua capacidade de realizar funções essenciais, englobando aspectos como germinação e vigor (SCHUCH; KOLCHINSKI; CANTARELLI, 2008). O vigor, por sua vez, diz respeito ao conjunto de características que permitem às sementes germinarem, emergirem e desenvolverem plântulas normais em diferentes condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015). A maior habilidade das sementes com alto vigor em suportar condições ambientais adversas leva a crescimento rápido e uniforme de plântulas saudáveis. Por outro lado, sementes com menor vigor tendem a gerar uma maior produção de plântulas anormais, o que pode prejudicar a formação do estande e o desempenho da cultura no campo (HENNING *et al.*, 2010).

A aplicação de micronutrientes no tratamento das sementes torna esses elementos acessíveis para as plantas em desenvolvimento, ajudando a prevenir deficiências durante as fases iniciais do crescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Aplicar micronutrientes no tratamento de sementes antes da semeadura é uma alternativa eficaz para suprir as necessidades desses elementos durante a germinação e o estágio inicial de crescimento das plântulas. Isso ocorre porque os compostos utilizados no tratamento das sementes podem ser absorvidos pelas plantas através de estruturas da semente e das plântulas (DIAS; TAYLOR; CICERO, 2014).

Micronutrientes essenciais, como, zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e manganês (Mn), são exemplos de elementos que as plantas necessitam em pequenas quantidades. Estes nutrientes, sejam de forma conjunta ou isolada, desempenham papéis cruciais em processos bioquímicos vitais para o desenvolvimento saudável das plantas, impactando diretamente a produtividade (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Assim, os micronutrientes presentes nas

sementes são fundamentais para o desenvolvimento inicial das plântulas. As quantidades necessárias podem variar conforme as espécies, cultivares e condições edafoclimáticas (MARCOS-FILHO, 2015).

Portanto, postula-se a hipótese que o uso de um complexo de micronutrientes no tratamento de sementes de milho proporciona melhoria nos aspectos fisiológicos das sementes. Desta forma, o objetivo é verificar a interferência de micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de milho.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará, na cidade de Juruti-Pá, nas seguintes coordenadas geográficas 02°08'59.23'' de latitude S e 56°04'52.51'' de longitude O, no período de fevereiro a maio de 2024, no laboratório Multiuso e na casa de vegetação.

Foram utilizadas sementes de uma cultivar híbrida FS715 pwu, já tratadas com fungicida, adquirida no comércio local do município. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos em cada experimento, sendo as dosagens crescentes do complexo de micronutrientes: 0; 20; 40; 60 e 80 g.kg⁻¹ de sementes, foram utilizadas 4 repetições por tratamento com 50 sementes por repetição, totalizando 20 unidades experimentais por experimento. Foi utilizado o produto Dripsol Micro Rexene Equilíbrio, com a formulação composta por, 1,2% de Magnésio (Mg), 0,85 de Boro (B), 3,4% de Ferro (Fe), 4,3% de Zinco (Zn), 3,2% de Manganês (Mn), 0,5% de Cobre (Cu) e 0,06% de Molibdênio (Mo). Foram utilizadas 300g de sementes para cada tratamento, sobre as quais se adicionou as doses, diluída em água destilada, completando-se sempre o volume para 15mL.

A solução com as doses de micronutrientes foram aplicadas nas sementes acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 2,0 kg. Depois da realização de aplicação do produto sobre as sementes, foram agitados vigorosamente durante três minutos, visando uma distribuição homogênea do tratamento sobre as sementes (NUNES, 2005). Em seguida, as sementes tratadas foram colocadas para secar à sombra em ambiente de laboratório.

Após o tratamento, as sementes foram submetidas aos seguintes testes: Teste de germinação, primeira contagem de germinação (PCG), velocidade de germinação (IVG), velocidade de emergência (IVE), Comprimento de Plântulas e Massa seca das plântulas.

Os testes de germinação das sementes foram conduzidos em papel "germitest" umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa (g) seca do substrato, em quatro repetições de 50 sementes. Os rolos de papel foram mantidos em um germinador tipo B.O.D. (Biochemical

Oxygen Demand) a uma temperatura de 25°C. As contagens de germinação foram realizadas aos quatro dias após a sementeira para determinação a variável primeira contagem de germinação e aos sete dias após a instalação do teste foi feita a avaliação do teste de germinação, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras Para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado juntamente com o teste padrão de germinação, efetuando-se contagens diárias das plântulas normais até os sete dias após a sementeira. A velocidade de emergência (IVE) foi conduzida em bandejas plástica com areia lavada e esterilizada utilizando o hipoclorito de sódio e água, utilizando 50 sementes por repetição, sementeiras com 1 cm de profundidade e distantes 2 cm entre si, anotando-se, diariamente, até o final (dez dias) as plântulas com o coleóptilo acima da superfície do substrato. O substrato foi umedecido sempre que necessário. O índice de velocidade de germinação (IVG) e emergência (IVE) foi calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn),$$

Em que:

IVG= índice de velocidade de germinação;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias após a sementeira.

$$IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn),$$

Em que:

IVE. = índice de velocidade de emergência;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias após a sementeira.

Para o comprimento de plântulas foram realizadas medições ao final do teste de germinação, das plântulas, medindo separadamente a parte aérea e a raiz com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

A mensuração da massa seca das plântulas foi feita ao final do teste de germinação, após a medição, as plântulas foram colocadas em sacos de papel kraft e levados à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 80°C por um período de 24 horas (NAKAGAWA, 1999).

Após a coleta dos dados de todos os testes dos experimentos, as análises estatísticas foram executadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados

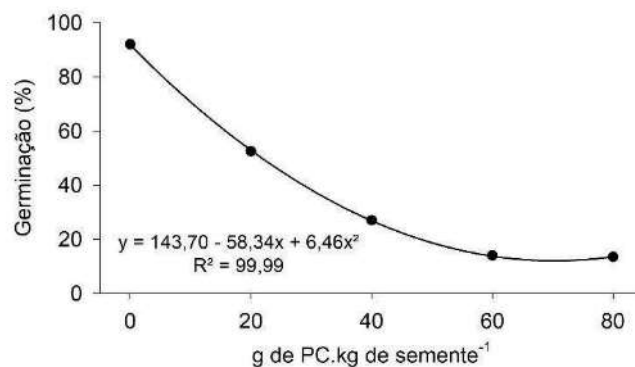
obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, analisados por regressão ao nível de 5% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados indicou diferenças significativas para o tratamento de sementes com micronutrientes, em todas as variáveis analisadas no estudo, se ajustando o modelo de regressão linear quadrática para a maioria das variáveis, somente a variável índice de velocidade de emergência se ajustou no modelo de regressão linear simples.

Em relação a porcentagem de germinação, o tratamento das sementes com o complexo de micronutrientes mostrou uma interferência negativa neste atributo conforme se aumentaram as doses do produto comercial, ocorrendo uma redução nos dados analisados para essa variável. O tratamento que não recebeu dosagem de micronutrientes apresentou uma porcentagem superior aos demais tratamentos que receberam alguma dose do complexo de micronutrientes (Figura 7), havendo uma redução considerável na qualidade fisiológica das sementes que receberam as dosagens do complexo de micronutrientes. Sandri e Simonetti (2017) examinaram o impacto da aplicação de diversos fertilizantes no tratamento de sementes de trigo em condições controladas. Eles descobriram que os diferentes fertilizantes aplicados nas sementes afetaram de forma significativa a taxa de germinação das sementes de trigo, confirmando os resultados observados. Silva *et al.* (2018), em seus estudos investigaram diversos métodos de tratamentos com substâncias bioativas e observaram uma taxa de germinação de 100% ao aplicar um tratamento composto por um complexo de micronutrientes, citocinina, ácido giberélico e Standak.

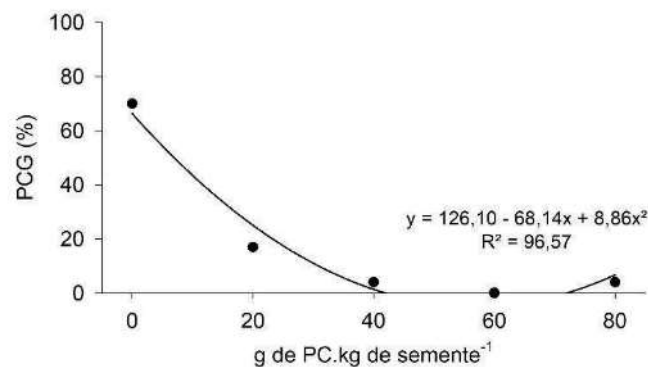
Figura 7: Porcentagem de germinação de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.



Fonte: Autor (2024).

A variável primeira contagem de germinação (Figura 8), apresentou resposta negativa ao uso do complexo de micronutrientes nos tratamentos das sementes, apresentando percentuais muito baixos nos tratamentos que receberam alguma dose. O tratamento testemunha que não recebeu nenhuma dose apresentou uma porcentagem superior, enquanto o tratamento que recebeu a dosagem mínima de micronutrientes obteve uma porcentagem muito inferior. Conforme Nonogaki *et al.* (2010), o tratamento das sementes pode aumentar a taxa de germinação e o crescimento das plantas. Isso ocorre porque a atividade enzimática e o funcionamento adequado das membranas celulares são essenciais para a germinação. Esses fatores influenciam a síntese e a degradação de substância durante a mobilização das reservas, além de afetar a expansão, divisão e crescimento das células que acontecem durante esse processo.

Figura 8: Primeira contagem de germinação de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.

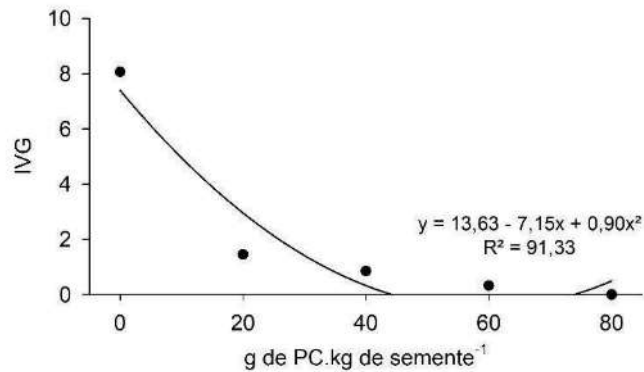


Fonte: Autor (2024).

Na variável índice de velocidade germinação (Figura 9), observou-se diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo um comportamento inversamente proporcional com o aumento das dosagens. O tratamento testemunha que não recebeu nenhuma dosagem apresentou um índice de 8,05, os tratamentos posteriores que receberam dosagens maiores apresentaram reduções nos índices, mostrando uma interferência negativa na qualidade das sementes para a variável analisada. No índice de velocidade emergência (Figura 10), os tratamentos que receberam as doses de micronutrientes apresentaram diferença significativa, com efeito negativo aparente. No entanto os tratamentos apresentaram índices muito baixos, esse teste pode ter sido comprometido por irregularidades no local de execução, onde a umidade excessiva das bandejas com areia possa ter corroborado com os dados apresentados para esta variável. Silva *et al.* (2019) investigaram o crescimento e o desenvolvimento inicial de duas variedades de trigo, expostas a diferentes métodos de aplicação de zinco. Eles verificaram que

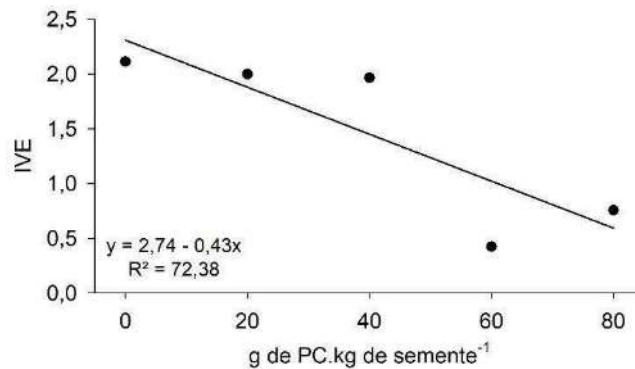
não houve interação significativa para o índice de valor de emergência, se diferenciando dos resultados encontrados nesta pesquisa.

Figura 9: Índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.



Fonte: Autor (2024).

Figura 10: Índice de velocidade de emergência (IVE), de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.

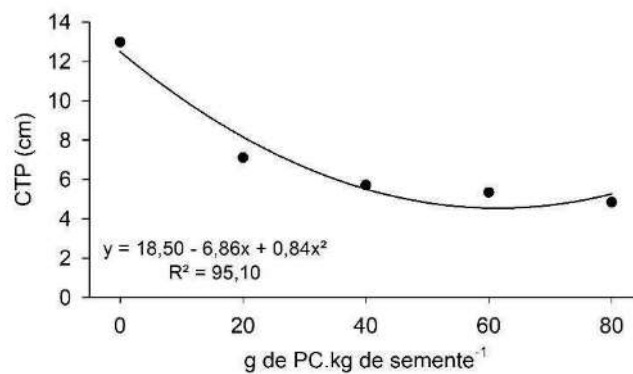


Fonte: Autor (2024).

Em relação variável comprimento de plântula, foi realizada mensurações separadamente das partes aéreas e raízes, e apresentado nos resultados o somatório dessas mensurações, que caracteriza o comprimento total de plântulas (CTP) (Figura 11). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo uma interação negativa com o aumento das doses de micronutrientes, gerando comportamento inversamente proporcional nos dados analisados para esta variável. O tratamento que não recebeu dose de micronutrientes apresentou melhor desenvolvimento no comprimento, enquanto os tratamentos que receberam as doses micronutrientes apresentaram redução de comprimento com o aumento da dosagem.

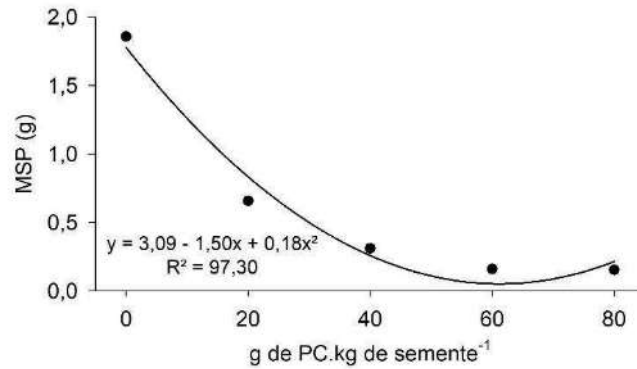
A variável massa seca das plântulas (MSP) (Figura 12) apresentou diferença significativa nos dados avaliados para os tratamentos. O tratamento testemunha que não recebeu dose do produto contendo os micronutrientes apresentou melhor desenvolvimento para as plântulas, os tratamentos que receberam as dosagens crescentes dos micronutrientes, obtiveram uma interação inversamente proporcional com o aumento da dose, comprometendo a qualidade fisiológica e o desenvolvimento inicial das plântulas. Os resultados encontrados para estas variáveis são diferentes do que encontrado por, Cunha *et al.* (2015), que ao analisarem a qualidade fisiológica das sementes de sorgo tratadas com fertilizantes contendo micronutrientes, notaram que a presença de plântulas anormais não apresentou interação significativa entres as diferentes cultivares e doses para nenhuma das variáveis examinadas, incluindo comprimento de plântulas e massa seca. Koch *et al.* (2020) ao avaliarem plântulas anormais e sementes mortas de milho, concluíram que foi resultado do tratamento com várias quantidades de bioestimulante contendo micronutrientes. Eles observaram que a resposta do híbrido às diferentes dosagens pode estar ligada às suas características genéticas.

Figura 11: Comprimento total de plântula (CTP), de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.



Fonte: Autor (2024).

Figura 12: Massa seca das plântulas (MSP), de sementes de milho tratadas com diferentes doses de micronutrientes.



Fonte: Autor (2024).

4.4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que a aplicação de micronutrientes em sementes de milho híbrido, utilizando o produto comercial, teve um impacto negativo significativo na qualidade fisiológica das sementes e plântulas. As doses crescentes de micronutrientes reduziram a porcentagem de germinação, a primeira contagem de germinação e a velocidade de germinação, além comprometer o comprimento e massa seca das plântulas. Assim, o uso excessivo de micronutrientes prejudicam o desenvolvimento inicial das plantas, sugerindo a necessidade de ajustar as dosagens para evitar efeitos de fitotoxicidez.

O produto em questão é formulado comercialmente para uso na fertirrigação e hidroponia, não havendo recomendação de uso para tratamento de sementes. Portanto, a aplicação de micronutrientes em sementes necessita de mais estudos visando estabelecer o método de tratamento, as dosagens e a formulação do produto a ser utilizado.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Regras para análise de sementes. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.**, Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 21 jan de 2024.
- BHAT, B. A.; ISLAM, S. T.; ALI, A.; SHEIKH, B. A.; TARIQ, L.; ISLAM, S. U.; DAR, T. U. H. Plant Micronutrients. **Springer**, Cham, v. 38, n. 4, p. 46-84 2020.
- CUNHA, Samille Grazyelle Soares da *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta ao tratamento com fertilizante à base de zinco e molibdênio. **Revista Agrarian**, Mato Grosso do Sul, v. 8, n. 30, p. 351-357,2015.

- DIAS, M. A. N.; TAYLOR, A. G.; CICERO, S. M. Uptake of systemic seed treatments by maize evaluated with fluorescent tracers. **Seed Science and Technology**, v. 42, p. 101-107, 2014.
- DIMKPA, Cristian. O.; BINDRABAN, P. S. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, France, v. 36, n. 1, p. 1-26, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FORSAN, Bruno Nogueira, et al. Germinação e Desempenho de Plântulas de Soja Tratadas com Cobalto, Molibdênio, Níquel e Bioestimulante. **Rev. Terra & Cult.**, Londrina, v.37, n. 72, jan./jun. 2022.
- HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, v. 12, n. 4, p. 30-56 2016.
- HUSSAIN, S.; KHAN, F.; HUSSAIN, H. A.; NIE, L. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance in rice cultivars. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-14, 2016.
- KOCH, Guilherme André.; SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão; KUREK, Andressa Segovia.; SILVESTRI, Vinícius Eduardo Voroniuk. Avaliação de plântulas de milho tratadas com diferentes doses de bioestimulante a base de micronutrientes. **Revista cultivando o saber**. Cascavel, PR, v. 13, n. 3, p.1-11. 2020.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigor. **Crop Science**. Madison: v.2, n.1, p. 176-177, 1962. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>. Acesso em: 23 jan de 2024.
- MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. **Abrates**, Londrina, 2 ed., 2015.
- MONDAL, S.; BOSE, B. Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 19, p. 2577-2599, 2019.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. **ABRATES**, Londrina, p.2.1-2.241999
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination - Still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 574-581, 2010.

NUNES JC. Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. **Syngenta Proteção de Cultivos Ltda**, Londrina. p.16, 2005.

OLIVEIRA, Rosa Honorato de. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Serra Talhada, v. 32, n. 4, p. 701-707, 2010.

SANDRI, Andréia Moretto.; SIMONETTI, Ana Paula Moraes Mourão. Uso de fertilizantes na semente do trigo. **Revista Técnico-Científica do Crea-PR**. Paraná, p. 17, 2017.

SILVA, Elijanara Raissa da, *et al.* Crescimento inicial de trigo em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes modos de aplicação de zinco. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1444-1454, jul./set. 2019.

SILVA, Ana Mayra Pereira da, *et al.* Germinação E Vigor De Sementes De Soja Submetidas Ao Tratamento Com Substâncias Bioativas. **Caderno de Publicações Univag**, Mato Grosso n.08, 2018.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos com micronutrientes em sementes de milho apresentaram influência negativa na qualidade fisiológica das sementes, diminuindo as porcentagens de germinação para determinadas doses tanto do complexo de micronutrientes, quanto para o isolado de boro, apresentaram também aspectos negativos para o comprimento de plântulas e massa seca das plântulas, interferindo negativamente nos índices de velocidade de germinação e emergência.

O tratamento de sementes com fontes de micronutrientes é uma alternativa bastante vantajosa para melhorar a produtividade das lavouras, porém é muito importante ter cautela nos usos desses produtos, pois possuem faixas de necessidade e toxidez bem estreitas, exigindo um rigor na manipulação desses produtos e o desenvolvimento de novos estudos com diferentes dosagens e fontes de nutrientes, assim como o uso de outras culturas são importantes para obtenção de novos resultados. Além do mais, deve-se atentar para a apresentação e formulação dos produtos a serem utilizados, sendo que no presente estudo, foram utilizados produtos com uso e eficiência comprovados para aplicações foliares e fertirrigação, valendo frisar que os mesmos não possuem indicação dos fabricantes para tratamento de sementes.

REFERÊNCIAS

- AYUSH KUMAR OJHA; JOY DAWSON; ASHIA RANA. Effect of Phosphorus and Boron on Growth, Productivity and Economy of Sweet Corn. **Researchgate**, v. 4, n. 5, p. 68-122, 2023: Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/370016577>. Acesso em: 21 jan de 2024.
- BAYER. A importância do tratamento de sementes na soja e no milho. **Agro Bayer** Retrieved from. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/newsbucket/2019/06/06/20/07/tratamento-sementes-soja-milho>. Acesso em: 21 jan de 2024.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. C. A Cultura do Milho. Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia. Évora: **Universidade de Évora**. Portugal, 52p. 2014. Acesso em: 13 out de 2024.
- BORK, C. R *et al.* Soybean industrial seed treatment: effect on physiological quality during storage. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 468-476, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326303052_Soybean_Industrial_Seed_Treatment_Effect_on_Physiological_Quality_During_Storage. Acesso em: 25 jan de 2024.
- BEVILAQUA, Gilberto Antônio Peripolli. *et al.* (2014). Agricultores guardiões de sementes e ampliação da agrobiodiversidade. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 31, n. 1, p. 99-118, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/994218/agricultores-guardioes-de-sementes-e-ampliacao-da-agrobiodiversidade>. Acesso em: 10 fev de 2024.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 21 jan de 2024.
- BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**. Botucatu, p. 309-329, 1989. 21 jan de 2024.
- CATÃO, Hugo Cesar Rodrigues Moreira. *et al.* Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioula produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.40, n.10, p.2060-2066, out, 2010 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/BbHwZ7RPjhPYwBJfn736fMt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 fev. de 2024.

CESARIN, Valter. Manejo de micronutrientes na cultura da soja. **IPNI**, Brasil. 2018.

Disponível em:

[https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9112cc0bea8dbbe883257e42006d81c4/\\$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin%20-%20Micronutrientes.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9112cc0bea8dbbe883257e42006d81c4/$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin%20-%20Micronutrientes.pdf). Acesso em: 01 ago. de 2024

COSER, E. **Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (Zea mays L.) crioulo e convencional no município de Xaxim–SC**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2010.

COSTA, Emiliano Fernandes Nassau *et al.* Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 12, p. 1433-1440, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200014>. Acesso em: 15 fev. de 2024.

CONAB. Décimo Segundo levantamento de Grãos da Conab, para a Safra 2022/23.

Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2023/20230906_levantamento-de-safras_conab.pdf. Acesso: 01 de fev 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **CONAB**, v. 4 - Safra 2016/17, n.12 - Décimo segundo levantamento, setembro 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 20 de mar 2024.

CONAB. Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de t. **Conab**, Brasília.2019. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. 2019.

CHENG, T. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. **Sci. Sinica**, v, 44:129-135, 1985. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423800002168>. Acesso em: 9 fev de 2024.

DECHEN, A. R. Micronutrientes; funções nas plantas. In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, 1., 1988,. **Anais Jaboticabal: FCAV/UNESP**. Jaboticabal p. 111-132, 1988. Acesso em: 10 abr de 2024.

DECARO, S. T.; VITTI, G. C.; FORNASIERI FILHO, D.; MELLO, W. J. Efeito de doses e fontes de zinco na cultura do milho (Zea mays L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 58(1-2): 25-36, 1983. Acesso em: 9 abr de 2024.

EICHOLZ, E. D. *et al.* Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/2. **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126468/informacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-milho-e-sorgo-na-regiao-subtropical-do-brasil-safras-201920-e-202021>. Acesso em: 20 fev de 2024.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. United States Department of Agriculture. **USDA.gov**. Disponível em: <https://www.usda.gov/>. Acesso em: 20 mar de 2024.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de Plantas. 2ed. Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Mato Grosso, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8034985/mod_resource/content/1/Nutric%CC%A7a%CC%83o%20Mineral%20de%20Plantas_GEFEN.pdf. Acesso em: 23 fev de 2024.

FERREIRA, Gabriel Moraes. **Potencial fisiológico de sementes de milho em função de adubação mineral e organomineral**. 2021. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33660?mode=full>. Acesso em: 3 fev de 2024.

FREITAS, Raquel Alves de; NASCIMENTO, Warley Marcos. Accelerated aging test on lentil seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.59-63, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/ZcgvjdPqCsbHn5KhHm5BWNR/abstract/?format=html&lang=em>. Acesso em: 15 fev de 2024.

GALLO, J. R. *et al.* Influência do uso contínuo de fertilizantes na nutrição mineral do milho híbrido Iac Hmd/6999B. In: Congresso brasileiro de ciência do solo 15., Campinas, 1975. Anais... Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1976. p. 245-254. Acesso em: 15 mar de 2024.

GOLDBACH H; HUANG L; WIMMER M. Functions of boron in plants and animals: recent advances in boron research and open questions. In: Xu F, Goldbach HE, Brown PH, Bell RW, Fujiwara T, Hunt CD, Goldberg S, Shi L (eds) *Advances in plant and animal boron nutrition*. **Springer**, Dordrecht. 2007;3–25. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226683330_Boron_Functions_in_Plants_and_Animals_Recent_Advances_in_Boron_Research_and_Open_Questions. Acesso em: 20 fev de 2024.

GIRACCA, E.M.N.; NUNES, J.L.S. **Micronutrientes**. 2010. Disponível em: http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_micronutrientes.aspx. Acesso em: 25 fev de 2024.

HANSEL, Fernando Dubou ; OLIVEIRA, Maurício Limberger de. Importância dos micronutrientes para a cultura da soja no Brasil. **Informações Agronômicas, IPNI**, Santa

Maria, n. 153, 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil. Acesso em: 7 fev de 2024.

HÖFS, Alberto. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44f. Tese (Doutorado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003. Disponível em:

https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_99bfab2c06afbbfe348751112acbced2. Acesso em: 14 ago de 2024.

LEMES, E. *et al.* Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 2, p. 76–86, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/322512816_tratamento_de_sementes_d_e_soja_com_zinco_efeito_na_qualidade_fisiologica_e_produtivida_de. Acesso em: 19 fev de 2024.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection andavaluation for seedling andvigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p. 176-177, 1962. Disponível em:

<https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>. Acesso em: 23 jan de 2024.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002. Disponível em:

https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_ad75b38da6c521cad4c171179f6f0c02. Acesso em: 17 fev de 2024.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba, SP, 2. ed.: , p. 319, 1997.

MARTINS, Denize Carvalho. *et al.* Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 217-228, 2016. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1053705/produtividade-de-duas-cultivares-de-milho-submetidas-ao-tratamento-de-sementes-com-bioestimulantes-fertilizantesliquidos-e-azospirillum-sp>. Acesso em: 25 fev de 2024.

MANTOVANI, João Paulo Machado; CALONEGO, Juliano Carlos; FOLONI, José Salvador Simonetti. Adubação foliar de boro em diferentes estádios fenológicos da cultura do amendoim. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p.270-278, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rceres/a/NwQdVLbK5d7bBPDqfwh5TJr/?lang=pt>. Acesso em: 11 fev de 2024.

MELO, Paulo Trajano Bruck Santos *et al.* Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado.

Revista Brasileira de Sementes, v.28, n.2, p.84-94, 2006b. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbs/a/xDmn3dD7nqgzsdgqQqRbFWQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 fev de 2024.

MENTEN, José Otavio; MORAES, M.H.D. Tratamento de Sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo Abrates**, São Paulo, v. 20, n.3, Piracicaba. 2010.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/288912596_Tratamento_de_sementes_historico_tipos_caracteristicas_e_beneficios. Acesso em: 12 fev de 2024.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern: **International Potash Institute**, 1987. 667p. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242342/>. Acesso em: 29 jan de 2024.

MIRANDA, R.A. Uma história de sucesso da civilização: A Granja. **Embrapa Milho e Sorgo**. Porto Alegre, v. 74,n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In:

KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. **ABRATES**, Londrina, 1999. p.2.1-2.24

NUNES JC. Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. **Syngenta Proteção de Cultivos Ltda**, Londrina. 16p, 2005.

PARREIRA FILHO, J. M. *et al.* Substituição do milho pelo sorgo sobre o desempenho

zootécnico e na digestibilidade em coelhos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, Uberlândia, v.72, n.3, p.993-999, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11365>. Acesso em: 3 fev de 2024.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M.X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C. W.; DUARTE, W. (Org.) Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. **Paralelo**, Brasília 15, p.11-41,2000. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91836/1/Uma-historia-brasileira-do-milho.pdf>. Acesso em: 13 fev de 2024.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91836/1/Uma-historia-brasileira-do-milho.pdf>. Acesso em: 13 fev de 2024.

PARDUCCI, S. *et al.* 1989. Micronutrientes biocrop. **Microquímica**, Campinas,101 p.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/FHSnsXygQdrfJ33MWgQFjsD/>. Acesso em: 15 fev de 2024.

PESSOA, A.C.S. *et al.* Épocas e formas de aplicação de zinco em milho cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrícola**. v. 4, p. 43-52, 1996.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G., E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos (3a ed.). **Editora Universitária/ UFPel**, Pelotas, 573p, 2012.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. dos; MENEZES, N. L. de. Efeito do tratamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 481-485, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/SX93vMYZMWKD3f9SHFmwKyn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 fev de 2024.

RIBEIRO, Pedro Hélio Estevam; RAMALHO, André Rostand; SOUZA, Francisco Ronaldo Sarmanho de. Alternativas de Melhoramento de Populações e Produção de Sementes de Milho para Pequenas Propriedades. **Embrapa Roraima**, Boa Vista, 35p, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195450/1/0012001-alter-melhoramento.pdf>. Acesso em: 16 fev de 2024.

ROSSI, Rubiana Falopa; CAVARIANI, Cláudio; FRANÇA-NETO, José de Barros. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Londrina, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191525/1/Rossi-Vigor.pdf>. Acesso em: 15 fev de 2024.

SANTINI, J. M. K. *et al.* Adubação boratada na cultura da soja em área de cerrado. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal, 2015. Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/843.pdf>. Acesso em: 15 fev de 2024.

SCHUCH, L.O.B. *et al.* Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa Schreb.*) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p.229-234, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/D9xjT6n4cn3cXxNF8ykgSsB/>. Acesso em: 9 fev de 2024.

SCHUCH, L.O.B. *et al.* Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 305-312, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/D9xjT6n4cn3cXxNF8ykgSsB/>. Acesso em: 9 fev de 2024.

TOMBULOGLU, H., *et al.* Aquaporins in Boron-Tolerant Barley: Identification, Characterization, and Expression Analysis. **Plant Molecular Biology Reporter**. v. 34, p. 374–386. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11105-015-0930-6>. Acesso em: 16 fev de 2024.

VON PINHO, R. G.; SANTO, A. O.; VON PINHO, I. V. Botânica. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (ed.). Milho: do plantio à colheita. **Ed. UFV**, Viçosa, 2. ed. p. 25-48. 2017.

A. LIMA, Weverton *et al.* Qualidade fisiológica de lotes de sementes híbridas de milho utilizadas na safrinha 2022. **Instituto Federal Sul de Minas Gerais**, 2023. Disponível em: osif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/1387/1058. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.

YAMADA, T.; LOPES, A.S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, n. 84, p. 1-8, 1998. Disponível em: [https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/0/1281CFE86A55613783257B8D004EC818/\\$FILE/Encarte-84.pdf](https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/0/1281CFE86A55613783257B8D004EC818/$FILE/Encarte-84.pdf). Acesso em: 27 de fev de 2024.

YAU, S. K. *et al.* Phenotypic variation in boron toxicity tolerance at seedling stage in durum wheat (*Triticum durum*). **Euphytica**, v. 83, n. 3, p. 185-191, 1995. Disponível em: <https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/13460>, Acesso em: 21 de fev de 2024.