



**Centro Universitário  
Bacharelado em Engenharia Agrônômica**

**GLEYCE KELLY DA SILVA SANTOS**

**RAIANE SOUZA FONTES**

**ROGERIO NUNES SANTOS**

**IMPORTÂNCIA DO USO DE MICRONUTRIENTES COMO  
CONDICIONANTE PARA OBTENÇÃO DE MELHORIA DE  
RENDIMENTO NA CULTURA DO MILHO**

**Paripiranga**

**2023**

**GLEYCE KELLY DA SILVA SANTOS  
RAIANE SOUZA FONTES  
ROGERIO NUNES SANTOS**

**IMPORTÂNCIA DO USO DE MICRONUTRIENTES COMO  
CONDICIONANTE PARA OBTENÇÃO DE MELHORIA DE  
RENDIMENTO NA CULTURA DO MILHO**

Artigo apresentado como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônoma à comissão julgadora designada pela coordenação de trabalhos de conclusão de curso do Centro Universitário AGES.

Orientador: Prof. Me. Carlos Allan Pereira dos Santos

Paripiranga, 06 de dezembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Josirene Souza Moreira Bastos  
AGES

Prof. Me. Thiago Lima da Silva  
IFS

## AGRADECIMENTOS

A Deus toda minha gratidão, sem Ele esse sonho não seria possível, me guiou e deu forças para correr atrás desse grande sonho, com muita paciência e sabedoria.

Aos meus pais, Peta e Eduardo, agradecimentos não são suficientes por tudo o que fizeram e fazem por mim, obrigado por serem meus exemplos de esperança e humildade, nunca mediram esforços em me apoiar e me incentivar na realização desse grande sonho. Agradeço também aos meus avós maternos e paternos (in memoriam) e em especial a minha vó paterna que tive mais contato nos deixando a pouco tempo, sou eternamente grata.

Aos professores do Colegiado de Engenharia Agrônômica, Lucimário Basto, Carlos Allan, Núria Mariana, Rafael Pombo e Maria Josi pelos conhecimentos, pelas experiências, pelos conselhos e boas conversas.

Ao longo desse período de graduação cultivei amizades e em especial a minha dupla Raiane, uma amiga-irmã que está comigo desde o primeiro período, sou muito grata a ela por toda parceria e amizade que construímos, tornou essa caminhada mais leve estando ao meu lado. Agradeço demais a minha amiga Gabriela, uma pessoa incrível que faz parte dessa jornada e eu tenho um imenso carinho e gratidão. A Roberth, Walber e Adson pessoas queridas que durante o curso sempre esteve presente me ajudando e aconselhando, grata por tudo.

Quero estender meus agradecimentos também a Sarah e Taianna que tive a feliz oportunidade de conhece-las no primeiro período e tenha nas em meu coração.

Aos companheiros de sala, Simony, Bianca, Fernando, Inácio, Rogério, Rodolfo, Honorato, Lara e tantos outros pelas trocas de experiências, momentos de descontração e parceria.

Aos amigos e parceiro Allanna, Heverton, Kellen, Bia Ribeiro, Bruna, Lairton, Liandro e Icaro pela amizade e torcida. A Itala Ralline pela oportunidade de emprego na Câmara que me proporcionou manter-me na faculdade. Quero agradecer em particular ao meu melhor amigo e irmão Galileu que sempre esteve comigo me apoiando, aconselhando e vibrando com minhas conquistas, gratidão a Deus por tê-lo em minha vida. Agradeço também a Ana Layla parceira das viagens até a faculdade e colega de profissão, a Marcos que se tornou um grande companheiro nessa jornada a quem eu tenho grande estima.

Rendo meus agradecimentos a meu namorado Artur, que conheci através da faculdade e sempre torceu por mim, obrigada de coração por todo apoio e conselhos.

A Icaro Renne diretor da cooperativa que me deu a oportunidade de estágio e a Lucas Oliveira meu supervisor, pela disposição e paciência para me passar seus conhecimentos, muito obrigada.

Aos meus familiares, minha irmã por toda ajuda e paciência, minhas tias, primos e madrinhas pelas orações, torcidas, apoio e compreensão nos momentos de ausência.

E a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente nesse período de minha trajetória para a concretização do meu sonho.

Obrigada!

**Gleyce Kelly da Silva Santos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus pela proteção sabedoria, conhecimento e oportunidade de me fazer alcançar meus objetivos durante meus anos de estudos e tornasse meu sonho realidade. Dedico este trabalho as seguintes pessoas:

Ao centro Universitário AGES Pela estrutura pedagógica e administrativa que foram fundamentais para o meu desenvolvimento e também a todas da instituição que passei por toda a minha jornada em especial ao programa pré-universitário mais conhecido como Pré-Seed.

Aos meus pais Gildo Torquato e Josefa Monteiro Nunes (Zefinha), agradecimentos não são suficientes para tudo que fizeram e fazem por mim, por todo apoio, compreensão e incentivo tudo o que sou é reflexo dos senhores.

A minha noiva Jennifer do Carmo, agradeço por estar sempre presente na minha vida em todos os momentos, me ajudando, apoiando, estimulando e acreditando no meu potencial, colaborando para a realização dos meus sonhos, obrigado por tudo, eu te amo.

Gostaria de agradecer também as duas pessoas especiais que entraram na minha vida ao longo dessa jornada, o coordenador do programa Pré Seed, o senhor Joel Ferreira Santos, nunca irei esquecer dos conselhos e direcionamento e o senhor Manoel Messias.

Meus agradecimentos aos professores do colegiado de Engenharia Agrônômica Lucimário Bastos, Jose Bastos, Núria Mariana, Rafael Pombo e em especial ao orientador e professor Carlos Allan pelas oportunidades, conhecimento, experiência, conselhos e amizade. Aos colegas de sala Raiane Fontes, Gleyce Kelly, Rodolfo Pimentel e Yara Silva e a tantos outros pela troca de experiências e conhecimento durante a graduação. Foram peças fundamentais nessa jornada, é muito bom olhar para trás e perceber que evoluímos, a vocês meus maiores desejos de sucesso.

Aos amigos e parceiros, Henrique, Jenilson, Fabrício, Rosi, Raiane, Everton, Laisa, Verônica, Nathan e Douglas, obrigado por me distraí nos momentos de aflição e acreditar no meu sonho. Agradeço também aos meus familiares que me amparam, pelo apoio e a compreensão e por torcerem por mim durante essa jornada.

### **Rogério Nunes Santos**

Em primeiro lugar, agradecer a Deus que plantou esse sonho no meu coração, pelo dom da vida, por me conceder sabedoria e saúde para que assim eu pudesse enfrentar os desafios e por me manter forte ao longo dessa trajetória e assim ser capaz de conquistar meus objetivos.

Agradeço aos meus pais Jose Raimundo e Josefa Edivania por serem a minha base. Agracio a minha mãe que me ensinou a ler e escrever e me deu forças para não deixar desistir dos meus sonhos, e ao meu pai que me possibilitou concluir essa realização, amo vocês. Agradeço ao meu avô materno João Carlos que foi e continua sendo minha inspiração de força e dedicação pela agricultura. A Geovana, minha irmã que não mediu esforços para me ajudar, e ao meu irmão Daniel, sou grata por sempre vibrarem pelas minhas conquistas.

Agradeço aos meus professores Núria Mariana, Lucimário Bastos, Carlos Allan, e Maria Josi, que me proporcionaram uma experiência incrível durante a graduação, e por todos os momentos que tivemos juntos.

Minhas amigas pessoais, Andreza Nascimento e Larissa Moura, que me deram suporte quando decidi iniciar a graduação, vocês me ajudaram a dar o primeiro passo para essa realização. Obrigada por vocês acreditarem em mim, por todo estímulo e preocupação.

Ao longo dessa caminhada tive o privilégio de conhecer pessoas, as quais tornaram a minha vida acadêmica mais leve. Em especial a minha amiga Gleyce que

sempre esteve ao meu lado, me encorajando e sendo a minha melhor dupla, obrigada por tudo amiga/irmã sou feliz por ter conhecido você e por tê-la em minha vida. Agradeço a minha amiga Gabriela que se tornou peça fundamental em minha vida, a qual tive o privilégio de conviver todos os dias e também a toda sua família, que me acolheram de braços abertos em sua casa, e me ajudaram quando eu precisei, sou imensamente grata por tudo. Aos meus amigos, Roberth Santana e Walber Ribeiro, que sempre estiveram presentes, me ajudando e aconselhando, vocês são pessoas incríveis e tem a minha admiração.

Deixo meu agradecimento aos meus colegas de sala, Adsson Souza, Rogério Nunes, Simony Paixão, Bianca Nascimento, Yara Silva, Talisson Santa Rosa, Honorato Dias, Inácio Macell e Felipe Fraga, por toda a troca de conhecimento e por todos os momentos de alegria, e distrações. Vocês foram essenciais durante esses 5 anos de curso.

Aos meus amigos Sarah Cruz e Gabriel Oliveira, que tive o privilégio de conhecer no primeiro período, minha gratidão por terem compartilhado momentos incríveis comigo. Levo cada um no meu coração.

Agradeço a Saulo Barreto gerente do Armazém Rocha, pela oportunidade de estágio, e por me proporcionar conhecimentos. A Luciano, sou grata, pois desde o início do estágio, compartilhou informações primordiais para o meu entendimento com os produtores, e também por todas as risadas e conselhos. Agradeço também a Eloy Costa, Engenheiro Agrônomo do armazém, por toda disposição que teve comigo, por me explicar e orientar durante o estágio. Estendo o meu agradecimento a Ana Ferreira, que durante esse período me rendeu bons momentos e boas conversas, e que me recebeu com todo o seu carisma, e seu jeitinho alegre de ser.

Gratidão ao meu namorado Henrique, por todo o apoio, cuidado, carinho, compreensão e incentivo que teve comigo nessa etapa final tão importante na minha vida.

Gostaria de agradecer a mim mesma, pela mulher corajosa que me tornei durante essa trajetória, e por nunca ter perdido a fé em Deus. Foram dias difíceis, mas tenho muito orgulho de ter escolhido essa profissão. E por fim, agradeço a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para que eu pudesse concluir esse ciclo na minha vida.

Obrigada!

**Raiane Souza Fontes**

## RESUMO

O presente trabalho tem como tema a importância de micronutrientes para a obtenção de altas produtividades para a cultura do milho. Onde o objetivo é avaliar a importância e atuação dos micronutrientes Boro, Cobre, Cloro, Ferro, Manganês, Molibdênio e Zinco, para o aumento significativo da produção de grãos na cultura do milho. A partir disso, precisamos entender algumas características da planta de milho, bem como, sua nutrição e cada função desses micronutrientes na mesma, para o melhoramento da capacidade de produção, sendo importante compreender o posicionamento de cada um deles no desenvolvimento da planta, desde a germinação, processo vegetativo, reprodutivo e a morte, tendo em vista, diagnosticar a falta dos nutrientes ao decorrer do ciclo. Através do diagnóstico visual, fica perceptível, principalmente nas folhas mais jovens, o sintoma de ausência de cada micronutriente. A metodologia utilizada deste trabalho foi uma revisão integrativa de literatura, afins de entender o manejo adequado do uso de micronutrientes. Os artigos para composição da amostra, se deu por meio de periódicos publicado de 2013 a 2023, das bases de Google Scholar, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Os seguimentos mais discutidos nesse estudo foram os micronutrientes e suas atuações para obter-se altas produtividades. Os resultados deste estudo, apresentam uma pratica de aprendizagem científica, para enfatizar a importância e atuação dos micronutrientes na cultura do milho, evitando perdas na produção através de diagnósticos visuais. O diagnóstico permite avaliar o problema nutricional para ser aplicado corretamente a falta do devido elemento e tentar proporcionar uma boa produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*; nutrição de plantas; diagnóstico visual.

## ABSTRACT

The present work has as its theme the importance of micronutrients for obtaining high productivity for corn crops. Where the objective is to evaluate the importance and performance of the micronutrients Boron, Copper, Chlorine, Iron, Manganese, Molybdenum and Zinc, for the significant increase in grain production in corn cultivation. From this, we need to understand some characteristics of the corn plant, as well as its nutrition and each function of these micronutrients in it, for improvement in order to achieve high productivity, it is important to understand the positioning of each of them in the development of the plant, from germination, vegetative, reproductive process and death, with a view to diagnosing the lack of nutrients during the cycle. With visual diagnosis, the symptom of absence of each micronutrient is noticeable mainly in younger leaves. The methodology used in this work was an integrative literature review, in order to understand the appropriate management of the use of micronutrients. The articles used to compose the sample were obtained through periodicals published from 2013 to 2023, from the Google Scholar databases, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) and Scientific Electronic Library Online (SciELO). The most discussed segments in this study were micronutrients and their role in obtaining high productivity. The results of this study present a complex learning analysis to emphasize the importance and role of micronutrients in corn cultivation, avoiding production losses through visual diagnoses.

The diagnosis makes it possible to evaluate the nutritional problem in order to correctly apply the lack of the appropriate element and guarantee good grain productivity.

**Keywords:** *Zea mays*; plant nutrition; visual diagnostic.

## SUMÁRIO

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>10</b> |
| <b>2</b>     | <b>METODOLOGIA.....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>3</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                    | <b>11</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>EVOLUÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA DO MILHO.....</b> | <b>11</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>MICRONUTRIENTES .....</b>                        | <b>12</b> |
| <b>3.2.1</b> | <b><i>BORO (B)</i> .....</b>                        | <b>14</b> |
| <b>3.2.2</b> | <b><i>CLORO (Cl)</i> .....</b>                      | <b>16</b> |
| <b>3.2.3</b> | <b><i>COBRE (Cu)</i> .....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>3.2.4</b> | <b><i>FERRO (Fe)</i>.....</b>                       | <b>18</b> |
| <b>3.2.5</b> | <b><i>MANGANÊS (Mn)</i> .....</b>                   | <b>19</b> |
| <b>3.2.6</b> | <b><i>MOLIBDÊNIO (Mo)</i> .....</b>                 | <b>20</b> |
| <b>3.2.7</b> | <b><i>ZINCO (Zn)</i> .....</b>                      | <b>21</b> |
| <b>4</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                   | <b>23</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) é uma gramínea que pertence à família *Poaceae*, destacando-se como uma cultura que está entre as mais importantes no aspecto socioeconômico brasileiro e mundial, com uma grande potencialidade agrícola e nutricional, pois sua diversidade na utilização, se destaca na alimentação humana e animal (Conab, 2020).

A cultura do milho surgiu no México, ainda como exemplar selvagem, que segundo Contini *et al.*, (2019) relata que ao passar do tempo a partir de técnicas que possibilitaram alterar a fisiologia da planta, para que assim, a mesma conseguisse desempenhar a sua produtividade.

A partir de avanços tecnológicos o agronegócio brasileiro é o segmento econômico que apresenta os melhores níveis de crescimento nos últimos anos. Principalmente no mercado de grãos, que tem a cultura do milho como um dos setores que mais crescem economicamente, de modo que foi perceptível a diminuição da cultura como subsistência de pequenos produtores, para atribuir um papel comercial fundamental na agricultura (Duarte *et al.*, 2016).

De acordo com Barros e Calado (2014), para o alcance de um bom desenvolvimento da cultura, é necessário que se tenha um conjunto de fatores, como clima, solo, dosagem adequada de adubo, e o momento certo para que seja feita a aplicação e também um excelente material genético. Além disso, o aumento da produção do milho, se deu a vários fatores importantes.

Os micronutrientes é um desses fatores, pois, influenciam na nutrição e desenvolvimento das plantas. Assim como os macronutrientes, os micronutrientes têm fundamental importância, pois mesmo com pequena participação a falta de qualquer um pode ocasionar em perdas significativas de produção (Segato; Mosconi, 2015).

O milho tem um alto potencial produtivo, porém, para que essa cultura seja implantada, é necessário ter informações necessárias para auxiliar no manejo dos nutrientes. E desta forma resultar no alto rendimento agrícola. As exigências nutricionais da planta de milho são determinadas pela quantidade que é extraída durante todo o seu ciclo (Weirich Neto 2015.)

É notório que, ter um conhecimento dos micronutrientes necessários para a planta é primordial. Principalmente no estágio inicial da planta. Atualmente, o manejo e os tratamentos culturais passam por constantes modificações, como o uso de sementes

de cultivares de alta resistência e potencial produtivo, variações no espaçamento, melhoramento na qualidade dos solos e na fertilização (Silva *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é caracterizar a atuação e o desempenho dos micronutrientes fundamentais que contribuem para a alta produtividade do milho.

## **2. METODOLOGIA**

Ao elaborar o presente artigo, foi realizado a revisão da literatura. Trata-se de uma pesquisa de estudos de suma importância, para obtenção de dados corretos, e assim fornecer conhecimentos sobre o tema escolhido. E dessa forma, aprender com a teoria e aprimorar na prática.

Para a realização das pesquisas, foi utilizado consultas de dados em sites como: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Scholar, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com tempo limitado entre os anos de 2013 a 2023.

Inicialmente, foi analisado artigos que abordassem a intenção do estudo de micronutrientes para a nutrição do milho para obter alta produtividade, podendo utilizar artigos científicos publicados nas línguas em português e/ou inglês, para que os artigos atendessem a finalidade do estudo, foram delimitadas algumas questões: estudos que abordassem as deficiências do milho e sua nutrição com ênfase nos micronutrientes.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. EVOLUÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA DO MILHO**

Desde a antiguidade já se cultivava o milho, sendo descoberto e domesticado no México, seu nome vem de origem indígena que significa: “sustento da vida”. O milho como um dos grãos produzidos mais antigos da história, é um importante alimento tanto para a humanidade, como para os animais devido ao seu alto valor nutritivo (Bertuzzi, 2015).

Sendo uma cultura com boa adaptabilidade, Pereira Filho e Borghi (2018) afirmam a facilidade do cultivo no mundo. A produção de milho está sempre em constante crescimento, devido ao uso diversificado, no Brasil o investimento de sua produção é alto com uso de tecnologias avançadas, variedades resistentes e grandes extensões de áreas agrícolas.

De acordo com Barros e Calado (2014), para se obter um bom potencial produtivo, é importante o uso de variedades que se adaptam aos diversos tipos de solos, as sementes aperfeiçoadas também possuem maior persistência no desenvolvimento no decorrer da produção. Com o avanço tecnológico, foi possível melhorar as sementes de milho com o intuito de se adaptarem as diversas áreas agrícolas e aumentar a produtividade.

Os requisitos genéticos, físicos e morfofisiológicos são essenciais para o desenvolvimento de qualidade da produção em distintos ambientes e condições. Magalhães (2013) destaca também alguns critérios que fazem a diferença para alcançar bons resultados na produtividade com o uso de genética, a fertilidade do solo, manejo de adubação e controle de pragas e doenças. Na cultura do milho, é possível encontrar vários dados que trazem informações sobre as dosagens exigidas de micronutrientes (Machado *et al.*, 2014).

De acordo com Weirich Neto *et al.*, (2014) o estudo da quantidade de nutrientes removidos no período de desenvolvimento do milho, é provável saber o quanto foi extraído pela planta durante o tempo da colheita e o quanto desses nutrientes deve ser devolvidos ao solo.

No contexto do milho, é importante conhecer os nutrientes para determinar o período de exigências da cultura, no intuito de nutrir a planta no momento certo, viabilizando a eficiência nutricional pelos representativos e as formas corretas de adubação. Assim, obtendo bons resultados (Martins *et al.*, 2016).

### **3.2. MICRONUTRIENTES**

A demanda para alcançar altos níveis de produtividade tem levado a um aumento significativo na preocupação com adubação com micronutrientes. De acordo com as espécies de plantas, a sensibilidade de sua deficiência aos micronutrientes pode ser diversificada, esses nutrientes são encontrados em pequena quantidade no

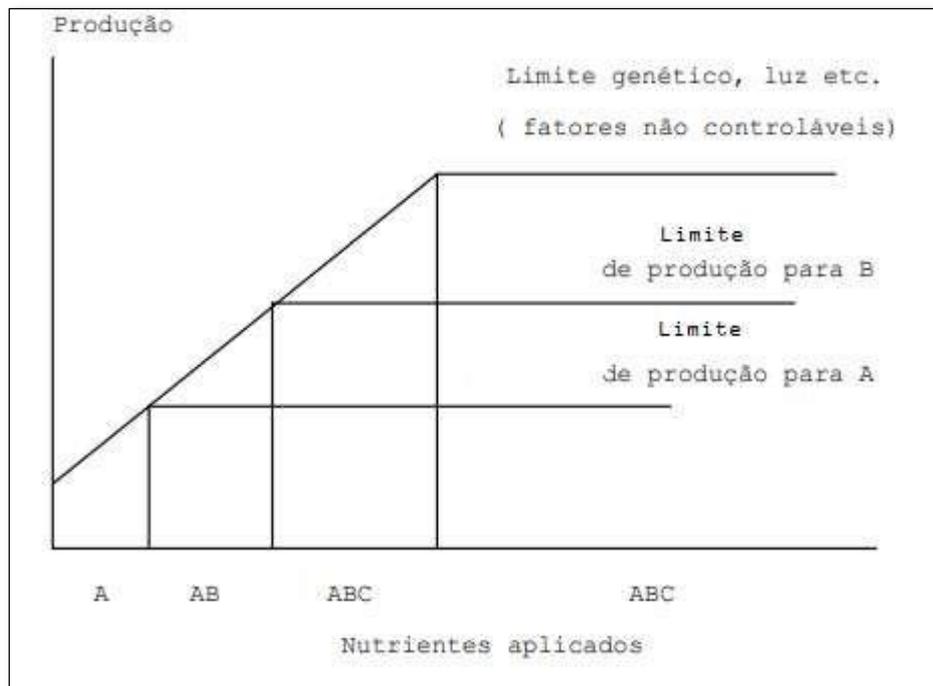
solo, assim como são requeridos pela planta em poucas quantidades, as funções deles, são fundamentais em todo o processo fisiológico das plantas (Santos *et al.*, 2021).

Uma vez que são nutrientes limitados, é possível existir redução no processo de brotação das plantas, segundo algumas pesquisas, foram observadas adversidades nas mudas em formação, assim como, em seu desenvolvimento e matéria seca (Resende, 2014).

Monte (2022) enfatiza sobre a importância do manejo de micronutrientes para a produção de grãos, com o intuito de aumentar a eficiência da lavoura, bem como, da produtividade e do lucro, para recomendação eficiente de micronutrientes é necessário analisar o sistema de forma técnica e prática.

Para o diagnóstico exato de deficiência de algum dos micronutrientes é necessário realizar uma análise de solo e de preferência um estudo do tecido da planta, devido esses elementos não fazerem parte da estrutura física da planta e sim, da parte química que constitui as enzimas e ativadores, a quantidade média desses nutrientes no solo se concentra em: Boro (B) entre 0,2 a 0,6 mg/dm<sup>3</sup>, o Cobre (Cu) de 0,3 a 0,8 mg/dm<sup>3</sup>, Ferro (Fe) fica entre 0,4 a 1,2 mg/dm<sup>3</sup>, o Manganês (Mn) de 1,3 a 5 mg/dm<sup>3</sup> e o Zinco (Zn) entre 0,6 a 1,2 mg/dm<sup>3</sup>, acima disso é considerado alto e abaixo disso é considerado baixo (Lacerda *et al.*, 2015).

De acordo com Reetz (2017) que descreveu sobre a lei do mínimo, enfatiza que a produção se torna limitada devido a menor disponibilidade de um nutriente no solo, de forma que, os demais nutrientes estavam disponíveis em quantidades ideais. Mas na prática isso se torna difícil, devido à complexidade de avaliar os nutrientes, além da interação que pode influenciar o desenvolvimento das plantas (Figura 1).



**Figura 1 .** Resposta a adubação baseada na lei do mínimo.  
**Fonte:** Adaptado de Tezza Neto *et al.*, (2019)

Para Faria (2014), a importância dos micronutrientes é especificado através de sua relação certa com o metabolismo da planta, para mais, processos fisiológicos. Santos *et al.*, (2021) aponta as seguintes funções fundamentais dos seguintes micronutrientes, o Cobre (Cu) e Manganês (Mn), participam do processo fotossintético, o Boro (B) é um constituinte da parede celular, já nas membranas celulares, observa-se a interação com o Boro (B) e Zinco (Zn) como ativadores enzimáticos o Manganês (Mn) e Zinco (Zn).

### 3.2.1. BORO (B)

O Boro é um nutriente fundamental para a alta produtividade do milho. Na cultura, uma de suas funções é desenvolver as raízes em virtude da divisão celular. Com o acréscimo de Boro (B), o aumento nos níveis de auxina, permitem que o processamento da divisão celular seja benéfico (Silva *et al.*, 2022).

Ademais, auxilia no enchimento de grãos e também é essencial na germinação do pólen na fase reprodutiva. Além de atuar no metabolismo de carboidratos, transporte de açúcares através das membranas (Cruz *et al.*, 2022).

Esse micronutriente está relacionado a formação de proteínas. Segundo Maróstica e Feijó (2013) o crescimento radicular na cultura do milho, necessita do teor adequado do boro para que desta forma, se desenvolva corretamente. Santos *et al.*, (2021), conceituam que a matéria orgânica é a principal fonte de Boro (B), e que esse componente se distingue dos outros micronutrientes, por não possuir nenhuma enzima específica.

De acordo com Tomicioli *et al.*, (2021) a deficiência de Boro, afeta inicialmente os meristemas apicais das raízes, até a parte aérea, desta forma interferindo no crescimento da planta e das folhas. Isto aponta que ele não se transloca com facilidade no vegetal, movendo-se somente no xilema. Porém é de grande mobilidade no solo.

A falta do elemento Boro (B) na cultura do milho resulta na improdutividade, pois causa a morte do ponto de crescimento, folhas novas ficam brancas ou secas, ocorre uma má formação em monocotiledôneas (figura 2), afetando também o preenchimento dos grãos (Gott *et al.*, 2014).



**Figura 2.** Deficiência de boro na folha do milho  
**Fonte:** Rehagro Blog

Conforme Javorski *et al.*, (2015) a necessidade de B no milho é de 13 gramas a cada tonelada de grãos exportados. Normalmente as doses indicadas para a aplicação do boro na cultura do milho é alternada de 0,5 a 1,0 kg ha.

O Boro (B) colabora na redução do estresse, sendo capaz de diminuir as ações negativas do alumínio sobre o sistema radicular, outro fator importante desse

elemento é a contribuição no aumento de substâncias eficientes para a defesa da planta (Tomicioli *et al.*, 2021).

### 3.2.2. CLORO (Cl)

É um micronutriente que apresenta alta solubilidade na planta, atua na classificação química da água, ativa alguns sistemas enzimáticos e no transporte de vários cátions e ânions, é responsável também pelo controle das perdas de água e estresse hídrico, através da regulação das células guardas dos estômatos (Feijão *et al.*, 2013)

Segundo Barros (2020) o Cloro (Cl) é absorvido pelos vegetais em forma de cloreto. Este micronutriente se move livremente na água, o que facilita de ser lixiviado. Além disso é importante ressaltar que ausência do Cloro (Cl), pode prejudicar diretamente a cultura, pois a falta desse micronutriente pode ocasionar o murchamento das folhas, que para a cultura do milho é prejudicial.

De acordo com Stadnik *et al* (2019) relatam que a deficiência é visível nas folhas mais jovens, onde aparecem sintomas iniciais tais como queima da margem, enrolamento e murchamento (figura 3), contudo, vale ressaltar que o cloro é acrescentado de maneira indireta nas adubações, pelo meio de KCl, aplicado como fonte de potássio. As plantas absorvem pela forma iônica Cl.



**Figura 3.** Deficiência de cloro na folha do milho  
**Fonte:** Biosul

Cavalcante *et al.*, (2018) descreveram que esse micronutriente é utilizado em baixíssimas quantidades pelas plantas mais que se não tiver disponível para as mesmas, suprimindo as necessidades nutricionais, sua carência eventualmente terá sintomas típicos que prejudicará a produtividade da lavoura.

### **3.2.3. COBRE (Cu)**

O Cobre (Cu) como integrante do SBL, é um micronutriente no qual a planta necessita de pouca quantidade para seu desenvolvimento. Ele se encontra no solo na proporção necessária e faz parte da formação de diversos processos fisiológicos das plantas tais como: fotossíntese, metabolismo de carboidratos e nitrogênio, respiração reprodução e resistência a doenças (Faria *et al.*, 2014).

De acordo com Ferreira (2023), o cobre age nas funções das reações de oxirredução ( $\text{Cu}^+ \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}$ ). As características de disponibilidade desse nutriente estão relacionadas a textura dos solos (arenosos apresentam alta deficiência), matéria orgânica (retido com mais disposição), balanço nutricional (relação com demais nutrientes ou excesso do mesmo) e o pH do solo (maior disponibilidade quando o pH for menor).

Barbosa *et al.*, (2013) enfatiza que no milho, o Cobre (Cu) é essencial para completar o seu ciclo de vida e não havendo quantidade suficiente deste nutriente, pode ocorrer a perda de produtividade, os sintomas da deficiência confundem-se com os de outros nutrientes (figura 4), mas quando a planta está produzindo folhas de coloração verde-escuro e possível surgimento de manchas necrosadas, apresenta sinais relevantes de deficiência (Lorenzetti *et al.*, 2020).



**Figura 4.** Deficiência de cobre na folha do milho  
**Fonte:** Yara Brasil

Normalmente, as manchas aparecem na ponta das folhas mais jovens e quando chega em estado mais crítico as folhas podem sofrer queda prematura, o Cobre (Cu) também pode apresentar níveis elevados de toxicidades devido a inibição do crescimento e interferência nos processos celulares (Silva, 2017).

#### **3.2.4. FERRO (Fe)**

O Ferro (Fe) é um nutriente imóvel na planta, ele regula alguns processos de fotossíntese, influencia na fixação de nitrogênio, é um estimulante de biossíntese de clorofila e atua no desenvolvimento das raízes (Oliveira, 2019).

Segundo Ferreira (2023) a falta deste nutriente modifica a estrutura do aparato fotossintético, em decorrência do nutriente não ser translocado dentro da planta, os primeiros sintomas de deficiência aparecem logo nas folhas mais novas mudando as partes mais altas e na ponta dos ramos (figura 5), o desequilíbrio dos metais como: molibdênio, cobre ou manganês também são causas de deficiência do ferro.



**Figura 5.** Deficiência de ferro na folha do milho  
**Fonte:** Yara Brasil

Esse nutriente se encontra no solo em muita abundância, apesar disso, grande parte dele não está disponível para as plantas. A aplicação do fertilizante a base de ferro poder ser através de pulverização via foliar, geralmente três aplicações: entre 20,35 e 50 dias diante da emergência. Nos casos de aplicar o fertilizante ao solo antes do plantio, é para corrigir sua escassez (Magalhães, 2013).

### **3.2.5. MANGANÊS (Mn)**

Segundo Cremonesi *et al.*, (2019) o Manganês (Mn) é um micronutriente fundamental para diversos processos vitais na planta, tais como respiração e fotossíntese sendo responsável pelo crescimento, desenvolvimento, e produtividade das plantas.

A ausência desse micronutriente na planta acarreta em deficiências em suas funções, e assim impedindo a mesma de alcançar maiores produtividades, de acordo com Coelho (2018), uma vez que manganês tem como função ser um ativador enzimático, tendo como participação direta, a fotólise é a primeira etapa da fotossíntese e consiste na quebra das moléculas de água. Com isso, a deficiência fica em evidência, pois a planta passa a apresentar o surgimento de cloroses ou necroses (amarelecimento) e um crescimento atrofiado, sendo estes sintomas característicos de uma planta com falta de Manganês (Prado, 2021).

De acordo com seus teores nos tecidos vegetais, o manganês tem participação no metabolismo vegetal tanto como nutriente ou como elemento tóxico. Vale ressaltar que a faixa ótima de concentrações foliares de Manganês (Mn) na maioria das espécies agrícolas é bastante ampla, alterando de 30 mg kg<sup>-1</sup> a 500 mg kg<sup>-1</sup>. (Silva *et al.*, 2022).



**Figura 6.** Deficiência de manganês na folha do milho.  
**Fonte:** Yara Brasil

### 3.2.6. MOLIBDÊNIO (Mo)

O molibdênio (Mo) segundo Pestana *et al.*, (2014), é um micronutriente que está ligado ao processo de metabolismo, ou seja, transformações sofridas pelo nitrogênio no qual é o elemento responsável pela separação e ativação da enzima redutase. Com isso nota-se que com adubação de Molibdênio (Mo) na cultura do milho, segundo Pestana *et al.*, (2014) o Molibdênio (Mo) atua diretamente na germinação e em todo o processo de crescimento e desenvolvimento da planta.

No contexto de Comiran (2019), a adubação com este nutriente tem como função o tratamento de sementes para que assim ocorra a intensificação do nitrogênio na planta. Além disso, Prado (2021) comenta que o Molibdênio (Mo) está envolvido diretamente na síntese de ácido ascórbico, ou seja, na respiração da planta e no metabolismo de formação de grão de pólen e no desenvolvimento vegetativo do cultivar.

Nesse sentido para alcançar altos níveis de produtividade Pérez *et al.*, (2013) o relata que é de fundamental importância atender as condições de ideal de manejo e adubação para uma fertilidade maior maneira racional visando obter altos níveis de produção.

A participação do molibdênio (Mo) está ligado aos processos enzimáticos do nitrogênio apresenta sintomas e deficiências similares que podem ser confundidos com do nitrogênio, que é o crescimento atrofiado com cloroses e necroses nas folhas mais jovens e ocorrem principalmente nas fases iniciais com aparecimento do amarelamento chegando até marrom , dependendo dos níveis da ausência do molibdênio para a planta, isso ocorre da ponta para as bordas da folha levando a morte prematura da mesma, redução do limbo foliar e atrofia do colmo e toda a estrutura da planta (Pestana *et al.*, 2014).



**Figura 7.** Deficiência de molibdênio na folha do milho.  
**Fonte:** Yara Brasil

### 3.2.7. ZINCO (Zn)

De acordo com Oliveira (2019), o Zinco (Zn) desempenha diversas funções importantes na planta, sendo responsável por estimular o sistema enzimático, atua nos processos de fotossíntese e crescimento, bem como, na síntese de proteínas.

Para Prazeres e Coelho (2016) esse micronutriente, ainda age na proteção do estresse oxidativo em condições de luz intensa e seca na planta, atuando também no desenvolvimento inicial e o rendimento final de grãos.

Na cultura do milho, a deficiência de Zinco (Zn) pode ser observada através da análise foliar, que avalia o teor do nutriente. Também é notório os sintomas de clorose paralelas nas nervuras centrais de cor amarelas-brancas (figura 7), inicialmente a deficiência ocorre nas folhas novas devido nutriente ser pouco distribuído na planta, em casos severos pode aparecer tanto nas folhas como no caule a coloração roxa (Coelho, 2018).



**Figura 8.** Deficiência de zinco na folha do milho.

**Fonte:** Yara Brasil

No milho, o Zinco (Zn) se encontra em baixa mobilidade, assim, é recomendável a aplicação em duas a três vezes nas fases V4, V5-V6 e V7-V8. Para alcançar uma boa eficiência, é recomendável que o Zn seja aplicado via solo, mas algumas aplicações pontuais podem diminuir os sintomas nas folhas, é importante os diagnósticos foliares e do solo para que seja determinada a necessidade de aplicação do zinco (Ferreira, 2023).

De acordo com a pesquisa de Cruz *et al.*, (2022) os solos que apresentam baixa fertilidade, precisam manter o manejo com adubação para suprir as

necessidades da produção, além disso os cuidados na distribuição dos nutrientes é importante para cultura, o conhecimento da disponibilidade no solo e sua baixa mobilidade, no entanto, é essencial compreender o diagnóstico sobre o solo que será implantado a lavoura e entender as condições e requisitos para desempenhar altas produtividades e Borgo *et al.*, (2013) ainda traz a importância dos cuidados na distribuição dos nutrientes na cultura, do conhecimento da disponibilidade no solo e sua baixa mobilidade.

Diante a descrição explicativa sobre cada micronutriente, é notório a importância da atuação dos mesmos no cenário de altas produtividades, mediante a isso, e em meio a realidade dos solos brasileiros, deve-se manter manejo de adubação para atender a necessidade de cada cultura uma vez que a incidência de prática intensiva para o aumento da produção é constante, e com o passar do tempo os solos estão perdendo a fertilidade dos elementos essenciais (Merotto Junior *et al.*, 2015).

Segundo Tezza Neto *et al.*, (2019) é de fundamental importância buscar práticas nutricionais como uso de adubos foliares para suprir a nutrição e a necessidade da planta nesse sentido.

Cruz *et al.*, (2022) relata que é imprescindível o uso de micronutrientes, pois afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento da planta, com isso, Perez *et al.*, (2013) explica que a produtividade está voltada diretamente a maneira em que a lavoura foi nutrida uma vez que atendeu suas necessidades de manejo nutricional correto visando obter maiores níveis na produção.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os micronutrientes desempenham um papel importante para o desenvolvimento da produtividade do milho no cenário brasileiro. Com isso cabe destacar que cada um deles, sozinhos ou agrupados, realizam processos bioquímicos vitais na planta, nas quais participam direta e/ou indiretamente da produtividade dos grãos.

É necessário observar também, algumas características do solo como por exemplo, o pH, a textura, umidade, matéria orgânica e a interação entre os nutrientes, que possam vir a atrapalhar a absorção dos micronutrientes pela planta. Sendo assim, é de fundamental importância um diagnóstico sobre as condições químicas e físicas

do solo, para que deste modo seja possível fornecer de maneira eficiente a devidas quantidades de micronutrientes para as plantas. Portanto, é necessário entender e compreender a função de cada micronutriente e o que ele influencia nas plantas para o seu melhor desempenho.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, RH, TABALDI, LA, MIYAZAKI, FR, PILECCO, M., KASSAB, SO, & BIGATON, D. Absorção foliar de cobre por plantas de milho: Efeitos no crescimento e rendimento. **Ciencia rural**, v. 43, p. 1561-1568, 2013.
- BARROS, José F. C; CALADO, José G. **A cultura do milho**. Universidade de Évora - Portugal, p. 4-51, Mar. 2014.
- BARROS, José F. C. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Universidade de Évora - Portugal, p. 1-33, Mar. 2020.
- BERTUZZI, E. C. **Emergência de milho em função do tratamento das sementes com inseticida, fungicida e bioestimulante**. 2015.31f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2015.
- BORGO, J. D. H., PAULETTI, V., MOTTA, A. C. V., FAVARETTO, N., BARTH, G., & PONTONI, D. R. Micronutrientes no solo e no milho em plantio direto com aplicações de dejetos líquidos de bovinos. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 3, p. 242-248, 2013.
- CAVALCANTE, T. J.; CASTOLDI, G.; RODRIGUES, C. R.; NOGUEIRA, M. M.; ALBERT, A. M. Macro and micronutrients uptake in biomass sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 364-373, 2018.
- COMIRAN, A. G. **Aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais. Sinop – MT. 2019.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília-DF, v. 7 - Safra 2019/2020, n. 12, p. 1-68, Set. 2020.
- COELHO A. M. Adubação foliar em milho utilizando fertilizantes multinutrientes. **Campo & Negócios**, v. 15, n. 178, p. 26-29, 2018.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Embrapa. Série desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2) Milho - **Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Brasília – DF, p. 1- 45, 2019.
- CREMONESI, M. V.; RAMALHO, B.; GOLFETTO, P.; KREPKE, L. S.; PAULETTI, V. Marcha de absorção, taxa de acúmulo e exportação de micronutrientes e alumínio pelo tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 13-23, 2019.
- CRUZ, S. J. S.; DA COSTA JÚNIOR, J. R.; DE OLIVEIRA, S. S. C.; PONCIANO, V. D. F. G.; & VALICHESKI, R. R. Adubação com boro e zinco no cultivo de milho em neossolo litólico distrófico. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 4, p. 848-856, 2022.

DUARTE, E. C. da C.; GONÇALVES, A. C. de M.; TORRES, M. N. N.; SIMPLICIO, S. F.; RIBEIRO, R. X.; SOUZA, R. F. de; SOUZA JUNIOR, S. P. de. Manejo de herbicidas no controle de plantas daninhas e sua influência no crescimento e produção do milho híbrido AG1051. **Revista AGROTEC**; [s.l].v.37, n.1, p.71-80, 2016.

FARIA, M. V. D. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho**. 2014.

FEIJÃO, A. R.; MARQUES, E. C.; SILVA, J. C. B. D.; LACERDA, C. F. D.; PRISCO, J. T.; & GOMES-FILHO, E. **Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade**. *Bragantia*, v. 72, p. 10-19, 2013.

FERREIRA, J. **Sais básicos lamelares de zinco e cobre como nova fonte de fertilizante para a cultura do milho**. Dissertação (Mestrado Multicêntrico em Química de Minas Gerais) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba - Minas Gerais, p. 15-67, Fev. 2023.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A. D.; DE CARVALHO, A. M.; dos SANTOS, L. P.; NUNES, P. H.; & Coelho, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1110-1115, 2014.

JAVORSKI, M.; RINALDI, L. K.; MIRANDA, J.; SIMONETTI, A. P. M.; MOREIRA, G. C. Rendimento de sementes de milho em função da adubação foliar com cálcio e boro no estágio fenológico (V6). **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 132-142, abr/jun. 2015.

LACERDA, J. J. D. J.; RESENDE, Á. V. D.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; & CONCEIÇÃO, O. P. D. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 769-778, 2015.

LORENZETTI, E.; TARTARO, J.; STANGARLIN, J. R.; & KUHN, O. J.. Caracteres agrônômicos e manejo de doenças em milho de segunda safra por produtos à base de cálcio, cobre, manganês e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. de S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L.. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffe Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, Jul/Set. 2014.

MAGALHÃES, A. G. **Desenvolvimento e produção do milho e alterações químicas em diferentes solos com aplicação de manipueira**. Recife: UFRPE, 2013. 100p. Tese Doutorado.

MARÓSTICA, L. H. B.; FEIJÓ, S. Efeitos da adubação foliar no período vegetativo da cultura do milho (*Zea mays*). **Uniciências**, v. 17, n. 1, p. 37-40, Dez. 2013.

MARTINS, D.C.; BORGES, I.D.; CRUZ, J.C.; MARTINS NETTO, D.C. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes, fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho**

e **Sorgo**, v.15, n.2, p.217-228, 2016.

MEROTTO JUNIOR, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Biosci. j.(Online)**, p. 499-508, 2015.

MONTE, A. C. da C. **Determinação de micronutrientes e macronutrientes secundários em fertilizantes organominerais e mineral misto**.2022.TCC (Graduação)- Curso de Química, Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

OLIVEIRA, F. S. de. Biofortificação agrônômica do milho verde com ferro e zinco. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB, p. 10-43, Mai. 2019.

PRADO, M. R. Nutrição de plantas. Botucatu: Editora **Unesp**, 2021, 291 p. RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2021. 420p.

PRAZERES, C. S.; COELHO, C. M. M. Divergência genética e heterose relacionada à qualidade fisiológica em sementes de milho. **Bragantia**, v. 75, p. 411-417, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. Sementes de milho no Brasil: A dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2018. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 223).

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1276-1287, 2013.

PESTANA, D. E.; SIMONETTI, A. P. M.M.; ROSA, H. A.; ASSMANN, E. J. Uso de molibdênio na cultura do milho. **Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**. Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – Cascavel - PR. 5 p. 2014.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, v. 178, 2017.

RESENDE, A. V. **Análise foliar complementa adubação do milho**. 2014.

SANTOS, F. D. dos; FANTINEL, R. A.; WEILER, E. B.; CRUZ, J. C.. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 2, p. 272-278, jul/dez. 2021.

SILVA, L. M., & SILVA BERTI, M. P. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.

SILVA, L. E. B.; SILVA, J. C. de S.; SOUZA, W. C. L. de; LIMA, L. L. C.; SANTOS, R. L. V. dos. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.

SILVA, G. R.; ROSA, I. T.; MORAIS, Y. C. R.; CARLOS, F. T. L.; MARÓSTICA, E. M. Dinâmica do boro no sistema solo-planta. **SECIAG**, v. 17, 2022.

SILVA, S. F. **Uso agrícola da vinhaça: efeitos no solo, nutrição e produtividade na cultura do milho**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). UFES- Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, ES, p. 14-88, Fev. 2017.

SEGATO, S. V., & MOSCONI, F. Teste de germinação e de vigor em sementes de milho tratadas com micronutrientes e flavonoides. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 231-236, 2015.

STADNIK, M. J.; VELHO, A. C.; ZORILLA, S.; **Desenvolvimento sustentável na produção agroalimentar**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

TEZZA NETO, D. P. M. T.; FARIA, Á. J. G. de; RIBEIRO, E. A.; RIBEIRO, F. da S.; LEITE, R. da C.; SILVA, R. R. da. Óxidos e óxi-sulfatos como fontes de micronutrientes na construção da fertilidade de solo de cerrado. **Journal of Bioenergy and Food Science Food Science**, v. 6, n. 4, p. 109-118, Out. 2019.

TOMICIOLI, R. M., LEAL, F. T., & COELHO, A. P. Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. e21100-e21100, 2021.

WEIRICH NETO, P. H.; FORNARI, A. J.; JUSTINO, A.; & GARCIA, L. C. Qualidade na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 171-179, 2015.