



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS**

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDO DE ZINCO (ZnO) E ÓXIDO DE MAGNÉSIO
(MgO) UTILIZADOS EM ESTUDOS DE ABSORÇÃO APLICADOS AO
DESENVOLVIMENTO DE MILHO (Zea mays L.)"**

**ANÁPOLIS
2023**

ANDRESSA GABRIELLY ALVES DINIZ

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDO DE ZINCO (ZnO) E ÓXIDO DE MAGNÉSIO
(MgO) UTILIZADOS EM ESTUDOS DE ABSORÇÃO APLICADOS AO
DESENVOLVIMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.)"**

Trabalho de conclusão do Curso de
Licenciatura em Química, apresentado à
Coordenação de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás.

Orientador: Prof.^a Dr. Thiago Eduardo Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Melo S. Neto

**ANÁPOLIS
2023**

ANDRESSA GABRIELLY ALVES DINIZ

CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDO DE ZINCO (ZnO) E ÓXIDO DE MAGNÉSIO (MgO) UTILIZADOS EM ESTUDOS DE ABSORÇÃO APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DE MILHO (Zea mays L.)"

Trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química, apresentado à Coordenação de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Aprovada em 06 de julho de 2023.

(Assinatura Eletrônica)

Thiago Eduardo Pereira Alves

Prof(a). Orientador(a)

IFG – Câmpus Anápolis

(Assinatura Eletrônica)

Prof.(a). Carlos de Melo Silva e Neto

IFG – Câmpus Anápolis

(Assinatura Eletrônica)

Prof.(a). Luciane Dias Pereira

IFG – Câmpus Anápolis

(Assinatura Eletrônica)

Prof.(a). Giuliana Muniz Vila Verde

IFG – Câmpus Anápolis

Anápolis - Goiás - Brasil

Julho de 2023

Documento assinado eletronicamente por:

- Giuliana Muniz Vila Verde Safadi, Giuliana Muniz Vila Verde Safadi - Docente - Ueg (01112580000171), em 10/08/2023 10:52:37.
- Luciane Dias Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/08/2023 20:13:50.
- Carlos de Melo e Silva Neto, TECNOLOGO-FORMACAO, em 08/08/2023 16:43:59.
- Thiago Eduardo Pereira Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/08/2023 16:30:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/07/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 428436

Código de Autenticação: f80f41b525



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Josue Pedro da Silva

Matrícula: 20191060020279

Título do Trabalho: Quantificação Espectrofotométrica de Flavonoides em Lichia (Litchi chinensis)

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____(Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

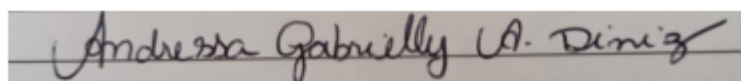
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Anápolis / GO, 15/08/2023.

Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Diniz, Andressa Gabrielly Alves

D585c Caracterização de óxido de zinco (ZnO) e óxido de magnésio (MgO) utilizados em estudos de absorção aplicados ao desenvolvimento de milho (Zea mays L.). / Andressa Gabrielly Alves Diniz. – Anápolis: IFG, 2023.

36 f. il. color.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Eduardo Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Anápolis – Licenciatura em Química, 2023.

1. Nanopartículas. 2. absorção. 3. milho.

I. Alves, Thiago Eduardo (orient.).

II. S. Neto, Carlos Melo (coorient.).

III. Título.

CDD 540

RESUMO

A nanotecnologia é uma área largamente explorada para as mais diferentes finalidades e o interesse em seus estudos cresceram exponencialmente nas últimas décadas. Entretanto, existem poucas contribuições científicas que enfatizam o uso e aplicação de nanopartículas na agricultura. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo estudar os efeitos das aplicações dos óxidos de zinco (ZnO) e óxido de Magnésio (MgO) no solo para cultivo do milho. Essa aplicação utiliza amostras de ZnO puro e ZnO/MgO (mistura em proporção 1:1 em massa), ambos em escala nanométrica, as quais previamente sintetizadas por reação de combustão e caracterizadas por difração de raios x e espectrometria no infravermelho, e também foram aplicadas amostras em escala bulk (adquiridas comercialmente). Foi estruturado um delineamento experimental para análise dos efeitos das diferentes dosagens e tratamentos para as amostras em comparação com o grupo controle. Para essa comparação, os teores de magnésio e zinco presentes nas amostras, das raízes e folhas das plantas foram caracterizados por meio de espectrometria de absorção atômica. A partir da microscopia eletrônica de transmissão (MET) foi possível observar os tamanhos das partículas dos óxidos utilizados nas aplicações. Ainda, a pureza desses materiais foi aferida por meio da análise da energia dispersiva de raios x (EDS acoplado ao MET). A partir das análises de espectroscopia de absorção atômica foi possível realizar as comparações das aplicações dos óxidos e de analisar como os tratamentos, influenciaram na absorção de Zn e Mg na folha e raiz das plantas em comparação ao controle. Foi possível observar que as aplicações realizadas em que estiveram presentes óxidos ZnO comerciais em escala bulk influenciaram no aumento da absorção de Zn as amostras. Esse comportamento é discutido em termos da relação entre os tamanhos das partículas dos óxidos e das suas áreas de superfície.

Palavras-chaves: Nanopartículas; Absorção; Milho.

ABSTRACT

Nanotechnology is an area widely explored for the most different purposes and the interest in its studies has grown exponentially in recent decades. However, there are few scientific contributions that emphasize the use and application of nanoparticles in agriculture. In this sense, the present work aims to study the effects of the application of zinc oxide (ZnO) and magnesium oxide (MgO) in the soil for corn cultivation. This application uses samples of pure ZnO and ZnO/MgO (1:1 mixture by mass), both in nanometric scale, which were previously synthesized by combustion reaction and characterized by x-ray diffraction and infrared spectrometry and were also applied bulk scale samples (purchased commercially). An experimental design was structured to analyze the effects of different dosages and treatments for the samples in comparison with the control group. For this comparison, the levels of magnesium and zinc present in the samples, roots and leaves of the plants were characterized by means of atomic absorption spectrometry. From the transmission electron microscopy (TEM) it was possible to observe the particle sizes of the oxides used in the applications. Also, the purity of these materials was measured by analyzing the dispersive energy of x-rays (EDS coupled to the TEM). From the analysis of atomic absorption spectroscopy it was possible to compare the applications of oxides and to analyze how the treatments influenced the absorption of Zn and Mg in the leaf and root of the plants compared to the control. It was possible to observe that the applications carried out in which commercial ZnO oxides were present on a bulk scale influenced the increase of Zn absorption in the samples. This behavior is discussed in terms of the relationship between the oxide particle sizes and their surface areas.

Keywords: Nanoparticles. Agriculture. Abortion. Plants.

LISTA DE ABREVIATURAS

DRX - Difração de Raios X.

EDS ou EDX - Energia de difração de raio X

FTIR - Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho com transformada de Fourier

MET- Microscopia eletrônica de transmissão

Mg - Magnésio

Zn - Zinco

ZnO - Óxido de Zinco

MgO - Óxido de Mágnesio

NPs - Nanopartículas

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Aplicações das nanopartículas.....	10
Figura 02: Fluxograma síntese e caracterização das nanopartículas de ZnO e MgO.....	16
Figura 03: Fluxogramadosagens dos óxidos, ZnO e MgO no solo ecultivo.....	17
Figura 04: (A): EDX amostras MgO nano; (B): EDS amostras MgO <i>bulk</i>	18
Figura 05: (A): EDS amostras ZnO nano; (B): EDS amostras ZnO <i>bulk</i>	19
Figura 06: Amostras caracterização microscopia de transmissão MgOnano.....	20
Figura 07: Amostras caracterização microscopia de transmissão MgO <i>bulk</i>	20
Figura 08: Amostras caracterização microscopia de transmissão ZnOnano.....	20
Figura 09: Amostras caracterização microscopia de transmissão ZnO <i>bulk</i>	20
Figura 10: Teores de Mg em folhas e raiz do milho com tratamentos Zn eMgO/Zn.....	22
Figura 11: Teores de Zn em folhas e raiz do milho com tratamentos Zn e MgO/Zn.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Teores de Mg nas folhas e raiz do milho com tratamentos ZnO e MgO/Zn.....22

Tabela 02: Teores de Zn nas folhas e raiz do milho com tratamentos ZnO e MgO/Zn.....23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.5.1. Absorção Via Radicular.....	16
2.5.2. Absorção Via Foliar.....	17
2.5.3. Absorção Via Endocitose.....	17
3. ÓXIDO DE ZnO E MgO.....	18
4. ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA.....	18
5. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO	19
6. OBJETIVOS.....	20
7. METODOLOGIA.....	21
8. ANÁLISE.....	23
9. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
9.1.1. Análise EDX.....	24
9.1.2. Microscopia eletrônica de transmissão.....	26
9.2.1. Análises Mg.....	28
9.2.2. Análises Zn	29
10. CONCLUSÃO.....	33
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Nanopartículas (NPs), são materiais com pelo menos uma dimensão em escala entre 1 e 100 nm. Devido ao tamanho pequeno, existe uma alta relação superfície-volume o que implica em propriedades físicas e químicas únicas. Assim, o uso de NPs nas diferentes indústrias e uma ampla gama de produtos e bens de consumo têm sido utilizadas (STAMPOULIS *et al.*, 2009).

Atualmente, muitos materiais estão sendo estudados e produzidos em nanoescala. No entanto, os óxidos metálicos têm uma ampla utilização devido às suas inúmeras aplicações. Entre eles, o óxido de magnésio (MgO) é amplamente utilizado em catalisadores, supercondutores, agentes antibacterianos, resíduos químicos perigosos, aditivos refratários, tintas, na agricultura em plantas entre outros. E é de grande importância técnica, também pode ser usado para fabricação de biossensores devido à sua alta área superficial e biocompatibilidade (DUARTE, 2018).

Outro material que possuem ampla utilização é o óxido de zinco (ZnO) que tem se destacado, pois a aplicação da nanotecnologia em materiais permite a melhoria de propriedades com base em características específicas como área superficial, tamanho de partícula subatômica distribuição e morfologia (ESTANDARTE *et al.*, 2020). O ZnO é versátil devido às suas propriedades ópticas, catalisadoras, antimicrobianas e fotoprotetoras (WIRUNCHIT; *et al.*, 2021). Também possui boa estabilidade química, baixo custo e baixa toxicidade (SULTANA *et al.*, 2020).

Devido às características das nanopartículas alguns trabalhos vêm explorando o uso destas nanopartículas na agricultura, como agentes promotores do crescimento e da defesa vegetal o trabalho realizado com nanopartículas de sílica em plantas de milho (*zea mays l.*) tratadas com a rizobactéria *streptomyces (clv16)*, mostra que as aplicações não afetam a taxa de germinação de sementes de milho não prejudicaram o crescimento do isolado, independentemente do tamanho e concentração promoveu o crescimento de plantas de milho. (NAVARO, 2020).

Apesar de alguns trabalhos explorarem a área de estudo de nanopartículas em plantas, existem poucos trabalhos realizados com a aplicação de nanopartículas no milho. O conhecimento das interações de nanomateriais com células vegetais pode ser essencial para o aproveitamento das propriedades das nanopartículas, possibilitando o desenvolvimento de produtos “inteligentes” que possam servir de ferramenta para o manejo de culturas agrícolas dessa planta. (NAVARO, 2020).

O trabalho proposto foi realizado em conjunto com o trabalho Estudo da influencia da aplicação de Nanopartículas de ZnO e MgO no plantio do milho. No trabalho anterior

apresentou a síntese de nanopartículas de ZnO e MgO para aplicação em solo para cultivo de milho e maiores investigações sobre o seu desenvolvimento em diferentes concentrações amostrais e também em relação ao diâmetro da partícula. ZnO e uma mistura de ZnO/MgO (1:1) foram usados no estudo. E as amostras de nanopartículas são sintetizadas em laboratório tanto por métodos de combustão quanto em forma industrial disponível o granel. O milho *Zea Mays L.* foi cultivado em Latossolo preparado e tratado com amostras de óxido e cultivado por 90 dias para estudar o desenvolvimento da planta comparando as mudanças na biomassa radicular e foliar. (GOMES, 2022)

Com o auxílio da espectroscopia de infravermelho foi possível mensurar a melhor temperatura para a síntese dos materiais nanoparticulados e verificar a formação de óxidos, ausência de fases secundárias e impurezas após o tratamento térmico. A formação de fases cristalinas típicas de ZnO e MgO foi caracterizada por meio de difração de raios X, sendo os diâmetros de cristal de 39 nm e 28 nm, respectivamente. Foram relatadas pequenas mudanças na quantidade de biomassa das plantas que receberam dosagens dos óxidos em comparação com aquelas com a dose controle (sem aplicação).

Desta forma o trabalho proposto do início a partir desse ponto, ou seja, será realizado com as amostras do trabalho anterior.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como visa realizar análises qualitativas e quantitativas para o milho, para amostras de plantas com variadas aplicações dos óxidos Mg-Zn no seu solo de cultivo. Com a finalidade de estudar e investigar quais são efeitos das aplicações de ZnO e MgO em dimensões nanométricas e *bulk* nas plantas, por exemplo se há efeito tóxico ou benéfico para as plantas. Ainda, se essas aplicações podem influenciar no desenvolvimento das plantas.

Em relação ao estudo realizado no trabalho com óxidos de Zn-Mg, nano e *bulk* a partir daí existe uma diferença entre as nanopartículas e *bulk*, onde seus respectivos tamanhos diferenciam com propriedades, por exemplo, as nanopartículas possuem escala com dimensões nanométricas e foram obtidas a partir de sínteses em laboratório. As aplicações na forma *bulk* possuem escala com uma dimensão do conjunto de partículas sólidas e grandes com maior volume, sendo estas adquiridas comercialmente.

A planta escolhida para aplicação de óxidos Mg-Zn foi o milho. O milho é o grão de grande relevância nacional pela sua importância econômica e social e também é essencial para diversas cadeias produtivas alimentares humana e animal, e se tornou cultura de destaque do cerrado. Algumas condições favoráveis para seu plantio são temperaturas médias entre 10° a 30°C, solos de textura média e argilosos (FUNDAÇÃO CARGILL. CAMPINAS, SP. 1989).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTÂNCIA DAS NANOPARTÍCULAS

As nanopartículas possuem um campo de pesquisa muito amplo, podendo ser utilizados nas áreas de medicina, eletrônica, agricultura, catalise, indústria, tecnologia, biologia, química, entre outros, como por exemplo na agricultura as plantas podem absorver nanopartículas pelas raízes e transportá-las até as folhas, frutos e sementes. O campo da nanotecnologia é diversificado, possuindo inúmeras aplicações e utilidades (PAULA & KOLB, 2017).

É interessante observar como o ramo da nanotecnologia é amplo e inovador, e pode ser aplicado em diversas áreas. Em geral, para ampliar e melhorar a aplicação em diversos ramos de estudo e áreas do conhecimento. Sendo assim essa é uma área de conhecimento que desperta muita curiosidade e expectativa, para os cientistas e pesquisadores de ambas áreas de aplicação especialmente para a parcela da sociedade na qual o tema é pouco conhecido e difundido (FERREIRA, 2018). Na Figura 1 apresenta as áreas de inserção da nanotecnologia:

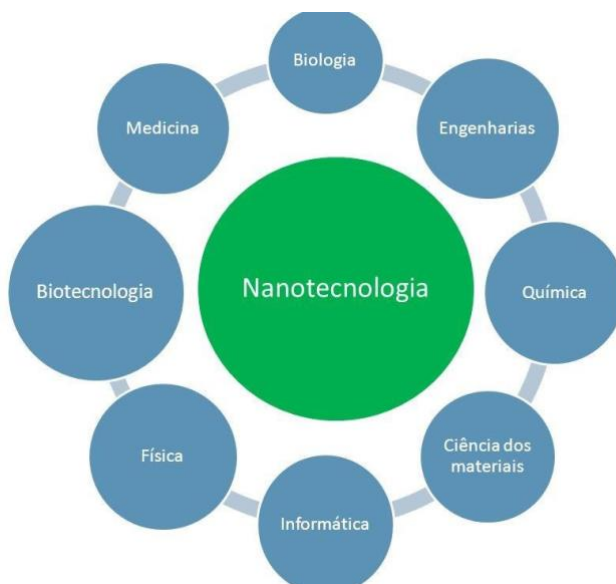


Figura 1: áreas de inserção da nanotecnologia (Prof. Dr Marcos Vinicius)

As propriedades físicas típicas e particulares de cada material só se manifestam a partir de um determinado tamanho, chamado tamanho crítico. Materiais em uma escala nanométrica e abaixo do tamanho crítico, passam a apresentar propriedades físicas (ópticas, elétricas, magnéticas, de transporte, catalíticas etc.) distintas, que estão estreitamente relacionadas ao

tamanho das partículas e às suas determinadas concentrações.

2.2. NANOPARTÍCULAS E SUA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA

Atualmente, há efeitos positivos e negativos da aplicação de nanomaterias nas plantas. Pesquisadores têm estudado os efeitos de NPs na germinação e crescimento de plantas com o objetivo de promover seu uso para aplicações agrícolas (R.LIU, 2015).

As aplicações de nanopartículas em plantas possuem métodos para otimizar a sua nutrição e para reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação e volatilização. Aplicação de nanopartículas podem apresentar grande potencial para uso como fertilizantes, pois possuem menor ação solubilizante que as fontes tradicionais (sulfatos), reduzem as perdas por fixação no solo e liberam nutrientes de forma eficiente para as plantas, podendo afetar seu tamanho, caules, folhas e raízes.(SOUSA, 2018).

Os efeitos das nanopartículas, sobre as plantas variam em função de alguns fatores com à própria planta, composição química da nanopartícula, dose utilizada, além do período de exposição e das condições ambientais.

2.3. IMPORTÂNCIA DO MILHO (*ZEAMAYS*)

A importância econômica do milho (*Zea Mays*) é caracterizada por suas diversas formas, ampla gama de usos, desde ração animal até indústrias de alta tecnologia. O uso na agricultura produção de milho orgânico na agricultura familiar e o teor representativo de milho em grãos na alimentação animal, representa a maior parte do consumo deste grão, cerca de 70% do mundo, no Brasil, fica entre 60% e 80%. Esses dados, dependendo da fonte da estimativa e como ela vai de ano para ano. Embora a participação neste campo não seja grande uso do milho em cereais, alimentação humana derivados de milho, um fator importante para aproveitamento deste cereal em áreas de baixa renda.

Em alguns casos o milho constitui a alimentação diária das pessoas. Por exemplo, no nordeste do Brasil o milho é uma fonte de energia para muitos. Eles vivem em regiões semiáridas; outro exemplo está na população México. Embora seja versátil em seu uso, a produção de milho tem acompanhado basicamente o crescimento da produção de suínos e aves, tanto no Brasil como no mundo (DUARTE, 2006).

A importância do milho não está apenas na produção de uma cultura anual, mas em todo o relacionamento que essa cultura tem na produção agropecuária brasileira, tanto no que diz respeito a fatores econômicos quanto a fatores sociais. Pela sua versatilidade de uso, pelos

desdobramentos de produção animal e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil. (CRUZ, KONZEN, FILHO MARRIEL, DUARTE, OLIVEIRA e ALVARENGA, 2006).

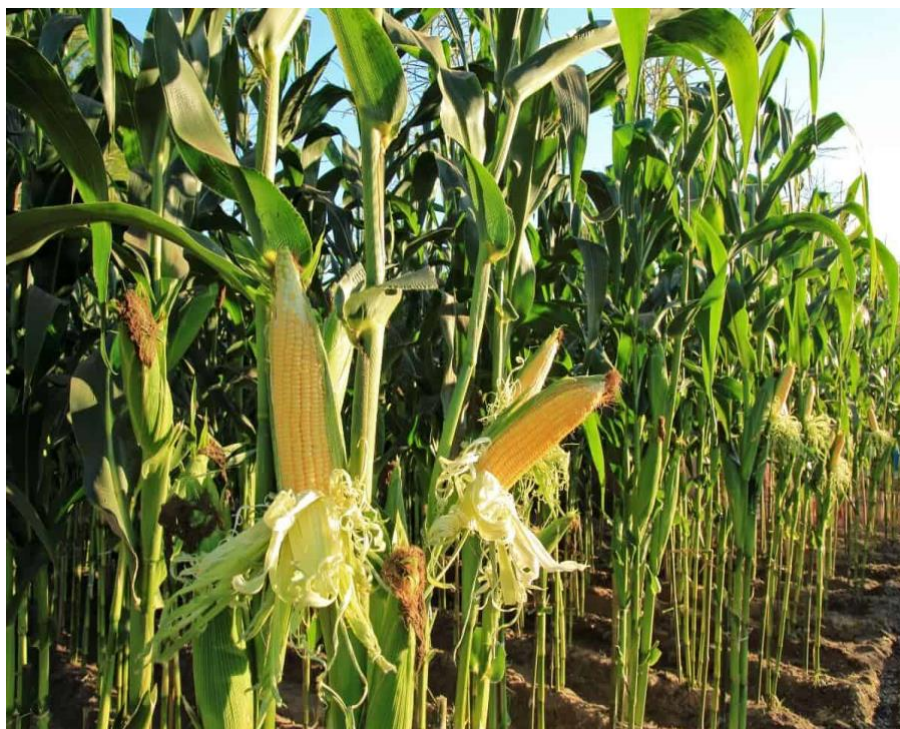


Figura 2: Plantio do milho (Joyce bruna 2018).

2.4. AS PLANTAS E OS MICRONUTRIENTES E MACRONUTRIENTES

Os nutrientes essenciais são divididos em macronutrientes e micronutrientes, conforme as quantidades exigidas pelas plantas. Segundo Epstein e Bloom (2006) os macronutrientes constituem aproximadamente 99,5% dos nutrientes presentes na massa seca enquanto os micronutrientes os outros 0,5%. São considerados macronutrientes os elementos: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S (PAULLETI 2010).

Já os micronutrientes são, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Ni, Cl e Mo. Os nutrientes C, H e O são obtidos pelas plantas diretamente do ar, na forma de gases ou dissolvidos na água, ou ainda obtidos pela dissociação de água na planta. Os demais nutrientes são obtidos principalmente do solo, que tem sua composição relacionada com o tipo de rocha que lhe deu origem, da matéria orgânica formada a partir dos restos vegetais ou então pela aplicação de adubos orgânicos ou minerais no solo. (PAULLETI 2010).

Observando a deficiência de alguns desses componentes desde o preparo do solo ao crescimento e desenvolvimento das plantas, a aplicação de nanopartículas torna-se uma opção

que pode ser viável e vantajosa para repor alguns nutrientes essenciais para as plantas.

Dentre todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas o trabalho de (ROMUALDO, 2018), destaca alguns nutrientes como por exemplo o zinco que desempenha importantes funções nas plantas, como ativador enzimático. O desequilíbrio nutricional, ou seja, a falta de alguns micronutrientes nas plantas e solo, tem sido um dos fatores na diminuição da produção de sementes. Esses elementos desempenham funções bioquímicas que geram a produção de lipídeos, proteínas e também contribuem de forma positiva na estrutura das membranas celulares.

O magnésio (Mg) tem uma variedade de funções fisiológicas em sistemas biológicos. Entre os nutrientes minerais essenciais exigidos pelas plantas, o Mg desempenha um papel importante no carregamento do floema e no transporte de fotoassimilados para órgãos coletores como raízes, ápices de brotos e sementes (Cakmak *et al.* 1994a; Hermans *et al.*, 2005). O magnésio também é um nutriente mineral que tem um efeito muito positivo na fotossíntese e na ativação enzimática das plantas.

2.5. MECANISMO DE ABSORÇÃO DAS PLANTAS

Após dispersão das NPs de metais e de óxidos de metais no solo, os metais liberados podem sofrer diferentes processos tais como precipitação, adsorção aos minerais, imobilização em microrganismos, complexação pela matéria orgânica, lixiviação e absorção pelas plantas. No processo de absorção existem estudos que os dividem em três principais tipos, sendo absorção via sistema radicular, via foliar e por meio de endositose (ALLOWAY, 2012).

2.5.1. Absorção Via Radicular

O tamanho dos poros de entrada da parede celular da raiz restringe severamente a absorção de partículas superiores a 5 nm (MARSCHENER, 2012). Contudo, alguns trabalhos apontam a presença de NPs no interior das plantas, indicando que por algum mecanismo, as plantas absorvem estas partículas. Por exemplo, em raízes de azevém (*Lolium perenne*) expostas a ZnO-NP (19 nm) foi observado por microscopia eletrônica de transmissão partículas de ZnO na endoderme e nas células vasculares, indicando que a NP foi absorvida pela raiz e que podia ser translocada para toda planta por meio do xilema. Os autores explicam que o ZnO-NP pode ter penetrado na célula por possíveis buracos na parede celular e se translocado via simpática (40 nm diâmetro) (LIN *et al.*, 2008). O tamanho dos poros de entrada da parede celular da raiz restringe severamente a absorção de partículas superiores a 5 nm (MARSCHENER, 2012).

Outra rota para de absorção de NPs é por meio da penetração na cutícula e na abertura estomática das folhas. A absorção foliar de NPs magnéticas revestidas de carbono foi relatada em plantas de Abobrinha (*Cucurbita pepo*) pulverizadas com estas partículas em suspensão, após penetração o material foi translocado pela planta (CORREDOR *et al.*, 2009). Os riscos associados à ingestão humana de frutos contendo NPs são desconhecidos. Em um experimento com alface pulverizada com solução de nanopartículas de prata, foi observado absorção via abertura estomática (LARUE *et al.*, 2014).

Os autores acreditam que, após penetração na folha, o material pode ser transformado em sua forma iônica. Para comprovar a capacidade de plantas de pepino (*Cucumis sativus*) absorverem CeO₂-NP via foliar, Hong *et al.* (2014) pulverizaram as plantas tanto com a suspensão do óxido (20-320 mg L⁻¹) quanto com o próprio CeO₂ em pó, para simular um caso de contaminação atmosférica. Houve absorção e translocação via floema das NP para outras partes da planta, por imagens de microscopia eletrônica de transmissão foi observado nanopartículas de óxido no tecido das folhas e da raiz, comprovando que a contaminação das plantas com NPs via atmosfera é possível. (LARUE *et al.*, 2014).

2.5.2. Absorção Via Endositose

Sugere-se também que as NPs podem ser absorvidas pelo processo de endocitose, processo ativo pelo qual material extracelular é transportado para o protoplasma por invaginações da membrana plasmática. Por exemplo, em mudas de pepino (*Cucumis sativus*) cultivadas em solução nutritiva com NPs de cinza de pneu (< 50 nm), foi observado uma possível invaginação destas partículas no citoplasma de células da raiz. O processo de endocitose é favorecido quando as partículas não possuem carga em sua superfície e são muito pequenas (MOGHADDASI *et al.*, 2015).

Dentre as diversas formas de absorção e seu transporte para as plantas existe uma particularidade dos métodos de aplicação podendo ser influenciados por alguns fatores como tamanho das NPs e concentração, desta forma cada metodologia de aplicação possui sua particularidade podendo assim obter uma absorção pelas folhas e raízes. A forma que a planta absorve as NPs é de muita relevância, pois a partir dessas observações é possível analisar e coletar dados sobre o desenvolvimento das plantas, por meio de mudança e alterações em determinados aspectos das plantas como citado nos métodos do artigo acima. (MOGHADDASI *et al.*, 2015).

3. ÓXIDO DE ZNO E MGO

Um ponto muito importante sobre os óxidos metálicos, são suas características e suas propriedades físicas e químicas por exemplo o ZnO pode cristalizar tanto na sua forma cúbica (blenda) quanto na forma hexagonal (wurtizita). Em temperatura ambiente apenas a fase termodinamicamente estável é a wurtizita (MORKOÇ, 2009). A estrutura cristalina possui ligações covalentes e hibridização sp^3 . Cada átomo de zinco está no centro de um tetraedro distorcido coordenado a quatro oxigênios vizinhos (KLINGSHIRN, 2007).

As superfícies polares do ZnO são muito estáveis e têm sido usadas para induzir a formação de novas nanoestruturas para uma variedade de aplicações, com diferentes morfologias. Essa variedade de morfologia pode ser atribuída ao controle e ajuste dos parâmetros de síntese, tais como: pressão atmosférica, temperatura, uso de catalisadores e/ou substratos, fluxo de gás de arraste, adição de dopantes e a natureza dos materiais de partida (MAYRINCK, C.; RAPHAEL, E.; FERRARI, J. L.; SCHIAVON, M. A., 2014).

O MgO cristalino é obtido pela calcinação do carbonato de magnésio (magnesita). O óxido possui propriedades físicas e químicas, como excelente índice de refração, alta condutividade térmica, resistência à corrosão, baixa condutividade elétrica e transmissão de luz, além de boas propriedades antibacterianas e antioxidantes. E propriedades microestruturais, como alta porosidade e grande área de superfície. (SIKORSKA, 2022).

4. ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATOMICA

A espectrometria de absorção atômica examina a interação dos sistemas físicos com a radiação eletromagnética, o método é baseado na metrologia da luz absorvida pelos elementos da amostra. A técnica visa determinar a composição elementar de um analito. A substância é analisada e decomposta em átomos usando chama, fornalha ou plasma. A quantidade de cada elemento foi determinada pela absorção ultravioleta-visível (Uv-vis) pelos átomos no estado gasoso. (LACERDA, 2016).

No processo de absorção de luz pelos átomos os átomos do estado fundamental do gás podem absorver energia radiante de comprimentos de onda específicos, promovendo a excitação eletrônica dos elétrons de valência. O processo desta forma a amostra líquida aspirada para dentro de uma chama a 2000- 3000 K. O líquido evapora e sólido é atomizado na chama e o detector mede a quantidade de luz que passa através da chama (LACERDA 2016).

5. MICROSCOPIA ELETRONICA DE TRANSMISSÃO

O microscópio eletrônico de transmissão é uma ferramenta essencial para caracterização de materiais, pois não apenas visualiza a morfologia, mas também identifica defeitos, estrutura cristalina, relações de orientação entre fases, etc. Combinando as técnicas de espectroscopia de dispersão de energia de raios X (EDS) e perda de energia de elétrons (EELS), o MET se torna um instrumento poderoso para análise química qualitativa e quantitativa com alta resolução espacial. O feixe de luz gerado pela interação com a amostra, através da lente objetiva trará as informações internas do material analisado Morfologia, estrutura cristalina, defeitos, entre outros.

Além disso, usando o detector em casos especiais, o sinal gerado pela interação do feixe com a amostra pode ser coletada, por exemplo, para obter informações composicionais. Este instrumento utiliza elétrons como fonte de iluminação, e devido ao seu pequeno comprimento de onda, que é inversamente proporcional à energia do feixe incidente na amostra, por exemplo, 0,0025 nm a 200 kV e 0,0017 nm a 300 kV, estruturas podem ser observadas mesmo em a resolução da escala atômica.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GERAL

Compreender quais são os efeitos da aplicação dos óxidos ZnO e MgO no desenvolvimento milho.

6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar análises por MET, EDS e espectrometria de absorção atômica para caracterização e determinação se houve absorção dos óxidos ZnO e MgO no milho;
- Realizar a quantificação dos óxidos em raiz e folha, tratamentos Nano, *Bulk*

do controle por espectrometria de absorção atômica;

- Comparar os tratamentos *bulk* e nano em relação ao tamanho das partículas e impacto nas plantas e demonstrar quais caminhos levaram as absorções dos óxidos ZnO e MgO no milho.

7. METODOLOGIA

A metodologia está dividida em duas partes, onde a primeira refere-se ao trabalho experimental realizado no trabalho, Estudo da influência da aplicação de nanopartículas de ZnO e MgO no solo de plantio de milho (Soares, 2022), que foi realizado em conjunto com o presente trabalho.

Na parte experimental do trabalho de (Soares, 2022) foi realizado a síntese dos óxidos de MgO e ZnO, a caracterização, a aplicação dos óxidos no solo e cultivo do milho.

A segunda parte da metodologia é o presente trabalho, se inicia da seguinte maneira, foram realizadas análises com as metodologias de espectrometria de absorção atômica e Microscopia eletrônica de transmissão para estudo das dosagens de ZnO-MgO nano e bulk aplicadas no milho, ou seja, todas as análises realizadas neste trabalho foram feitas com as amostras da planta milho cultivadas e tratadas no trabalho anterior, ou seja foi realizada uma continuação do trabalho de (SOARES, 2022).

7.1. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS DE ZnO E MgO E OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS BULK

As sínteses das nanopartículas de ZnO e MgO foram realizadas pelo método de combustão, no laboratório do IFG e os óxidos *bulk* foram adquiridos comercialmente (marca Vetec, grau analítico), logo após essa etapa, realizou-se as caracterizações das nanopartículas, a estrutural pelo método de análise DRX (Difração Raio X) e a análise dos modos de vibração das moléculas, por FTIR.

Desta maneira para finalizar essas etapas realizou-se o preparo do solo e aplicação dos óxidos MgO-ZnO. Segue abaixo a figura do processo experimental da síntese e caracterização das nanopartículas de ZnO e MgO. As nanopartículas serão denominadas ZnO nano e a mistura ZnO/MgO nano, enquanto os óxidos comerciais serão ZnO bulk e ZnO/MgO bulk.

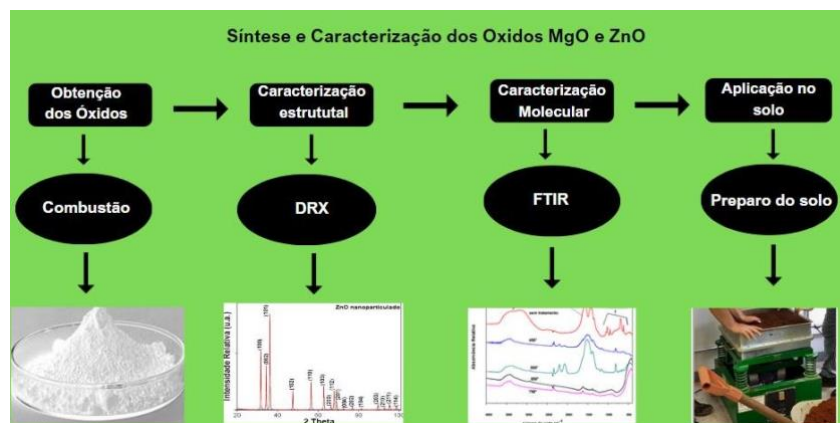


Figura 2: Síntese e caracterização das nanopartículas de ZnO e MgO

7.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DOS ÓXIDOS EM SOLO E CULTIVO

As dosagens dos óxidos foram realizadas da seguinte forma, realizou-se a adição dos óxidos nas amostras do solo, e para cada um dos tratamentos (ZnO nano, ZnO bulk, ZnO/MgO nano, ZnO/MgO bulk e controle) foram aplicadas dosagens de 0,00 (controle); 0,05; 0,50; 0,10; 1,00 e 2,00 (g de óxido/kg de solo). Dessa forma, o delineamento foi composto de 5 vasos experimentais em triplicata para cada dosagem, e sendo o solo cultivado com 4 tratamentos, ZnO nano, ZnO bulk, ZnO/MgO nano e ZnO/MgO bulk. Resultando em 90 vasos de cada tratamento e totalizando 360 vasos em todo o experimento. Após as aplicações as plantas foram acompanhadas até seu total desenvolvimento, como exemplificado na figura abaixo:

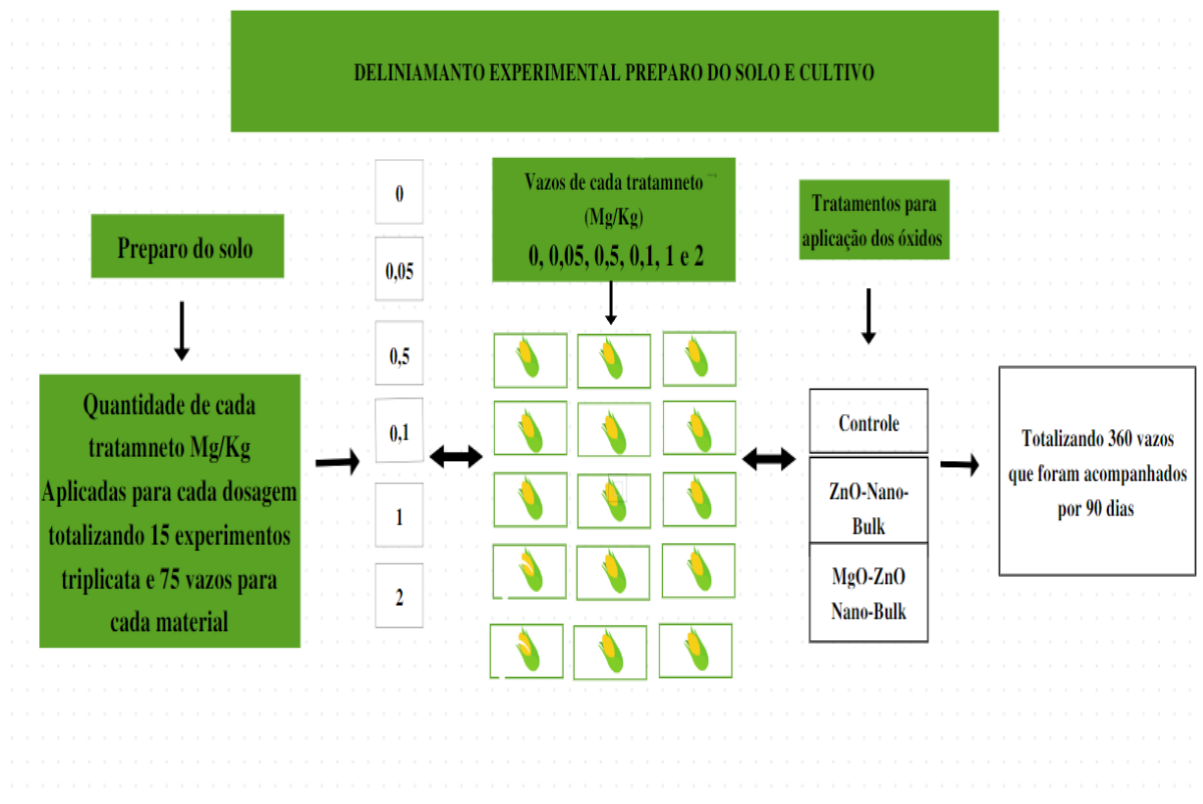


Figura 3: Dosagens dos óxidos, ZnO e MgO no solo e cultivo.00

8. ANÁLISES

8.1. ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA (ANÁLISES DOS TEORES DE ZNO E MGO PARA FOLHAS E RAÍZES)

As amostras das plantas foram colhidas após 90 dias de acompanhamento, sendo retirada cada uma cuidadosamente para a obtenção de toda a parte das raízes. Em seguida, as amostras foram lavadas com água potável para retirada do solo e separadas as raízes e folhas para análises. As amostras das raízes e folhas para todos os tratamentos com dosagem de 2 g/kg de solo foram então maceradas e submetidas à análise por espectrometria de absorção atômica no laboratório terra em Goiânia, seguindo a metodologia oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

8.2. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO (MET)

Para análises da morfologia e tamanho das partículas, bem como análise de composição *in situ*, as amostras dos óxidos utilizadas nos tratamentos foram submetidas a análises por meio do microscópio eletrônico de transmissão (Jeol, modelo JEM-2100: Tóquio, Japão) no Labmic da UFG. A energia do feixe de elétrons foi de 200 kV e as amostras foram inicialmente dispersas em etanol, sonificadas por 10 minutos em ultrassom, e posteriormente depositadas em telas de cobre para a análise.

9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1. CARACTERIZAÇÃO AMOSTRAS DOS ÓXIDOS ZNO E MGO NANO E BULK

9.1.1. Análise EDX

As análises de espectroscopia EDX foram realizadas para a caracterização da composição dos materiais e verificação da pureza das amostras dos óxidos ZnO, MgO nano e *bulk*, como demonstrado nas figuras abaixo: Figura 4: (A) EDX amostras MgO nano; (B) EDX amostras MgO *bulk* e Figura 5: (A) EDX amostras MgO nano; (B) EDX amostras MgO *bulk*.

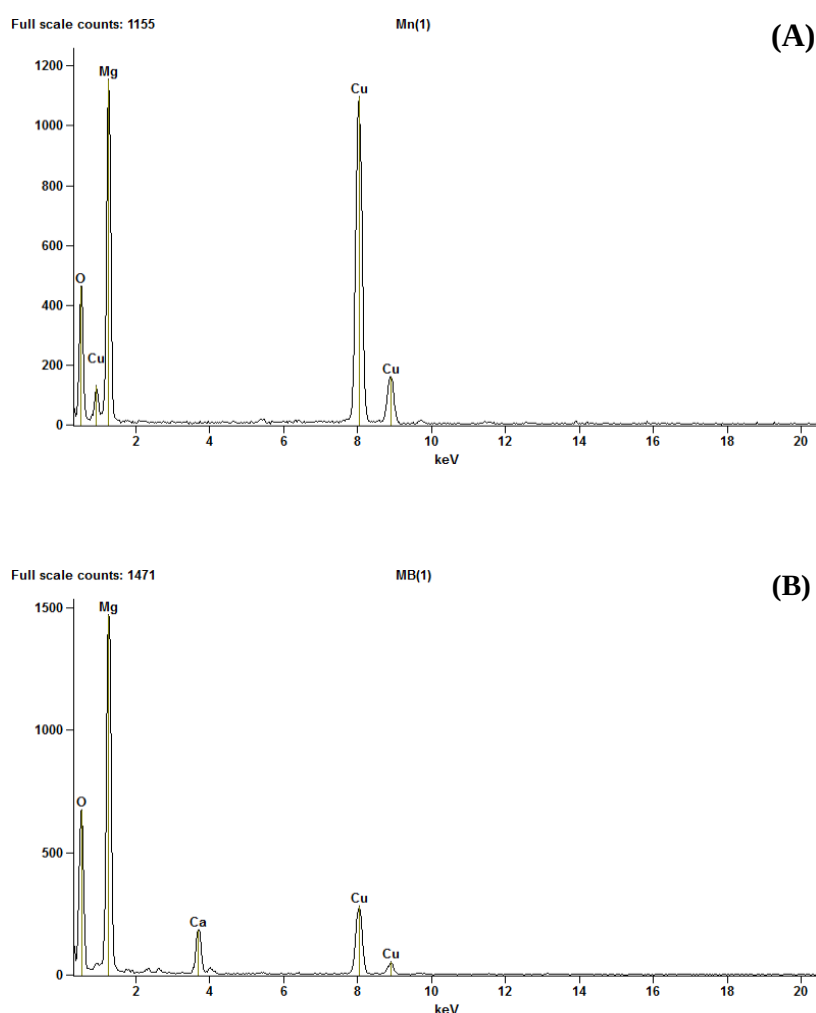
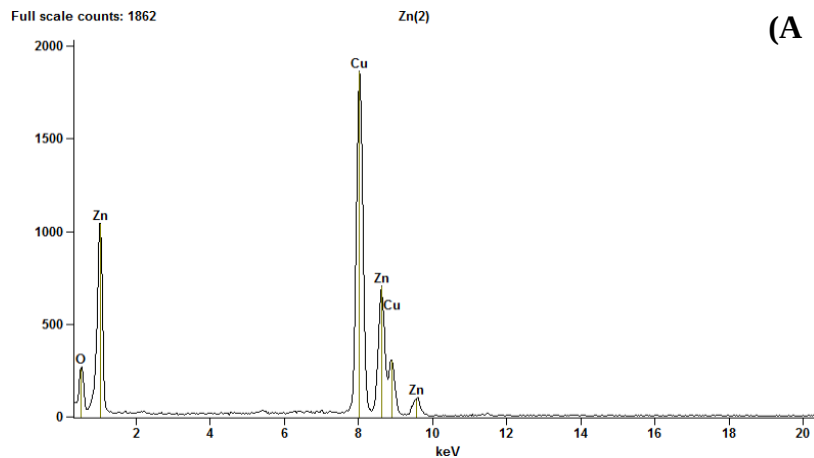
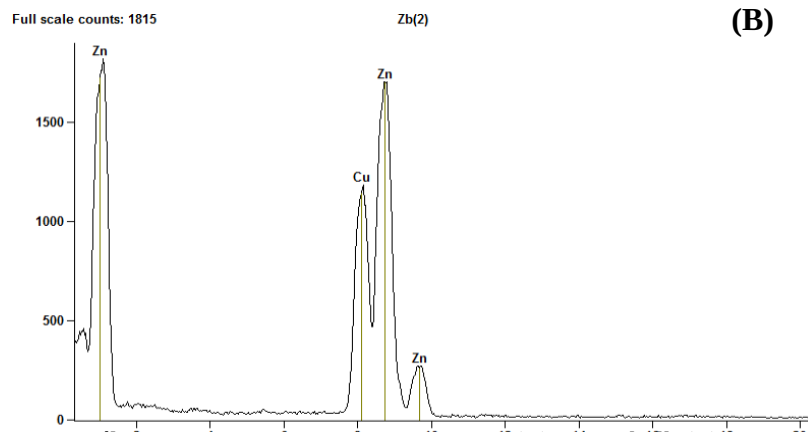


Figura 04. Análise EDX para as amostras MgO nano (A) e MgO bulk (B) apresentando a composição atômica na região das micrografias.



(A)



(B)

Figura 05 - Análise EDX⁴ para as amostras ZnO nano² (A) e ZnO bulk (B)¹⁸ apresentando a composição atômica na região das micrografias.

Ao analisar os picos para as análises de EDX, observa-se que para todas as amostras tanto sintetizadas quanto adquiridas comercialmente não possuem contaminação, desta forma as amostras mostram-se puras. Cabe salientar, que são detectados nos EDX, picos de átomos de Cobre, pois o porta amostra utilizado nas análises é feito de Cobre.

Outro ponto importante observado na caracterização das amostras são os tamanhos e intensidades dos picos entre amostras nano e *bulk*, por exemplo ao comparar as amostras de MgO nano e *bulk* comercial nota-se que a escala do MgO nano é de 1200 e a do MgO bulk é de 1500, não havendo diferença muito significativa. Nas amostras ZnO nano e ZnO *bulk*, nota-se que há uma diferença significativa na escala, e largura dos picos sendo assim as amostras ZnO *bulk* apresentam-se intensidades maiores que as nano.

9.1.2. Microscopia eletrônica de transmissão.

As micrografias foram realizadas para +caracterização das amostras e análise microestruturais dos óxidos mostrando a morfologia, estrutura cristalina e as figuras abaixo demonstram essas micrografias para as amostras nano e *bulk*.

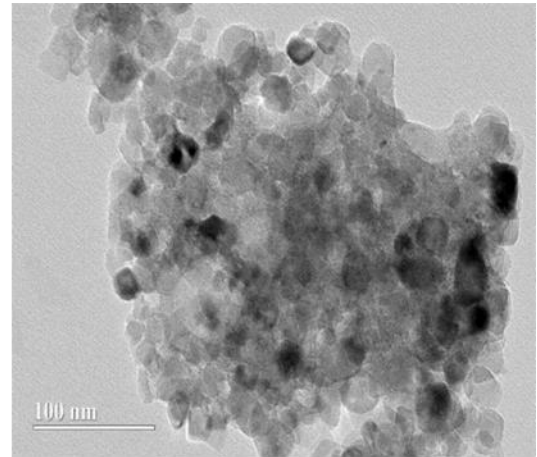
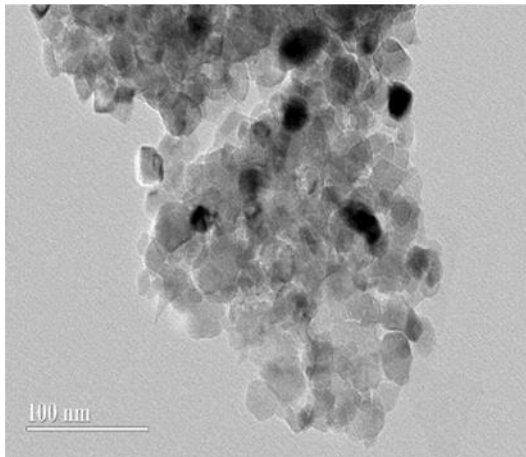


Figura 06: Micrografias para as amostras MgO nano evidenciando os tamanhos das partículas relativo à escala de 100 nm.

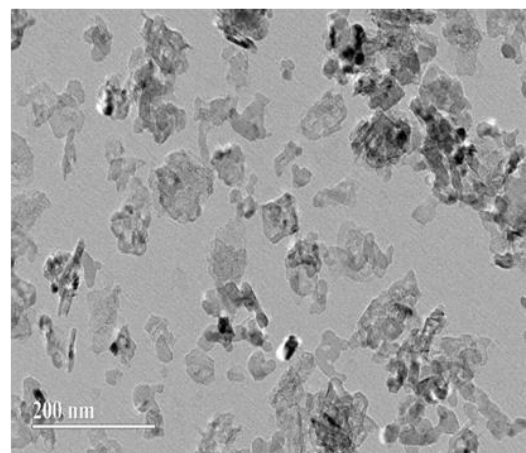
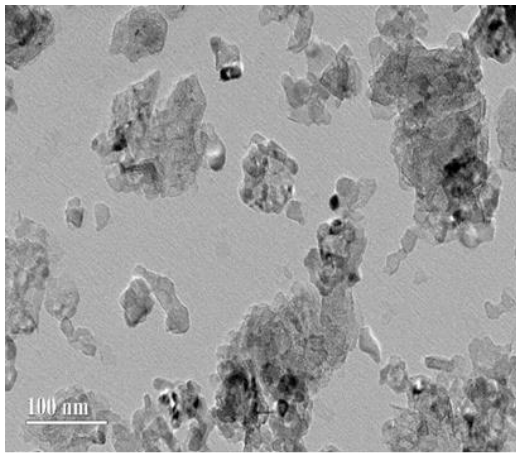


Figura 07: Micrografias para as amostras MgO bulk evidenciando os tamanhos das partículas relativo à escala de 100 e 200 nm.

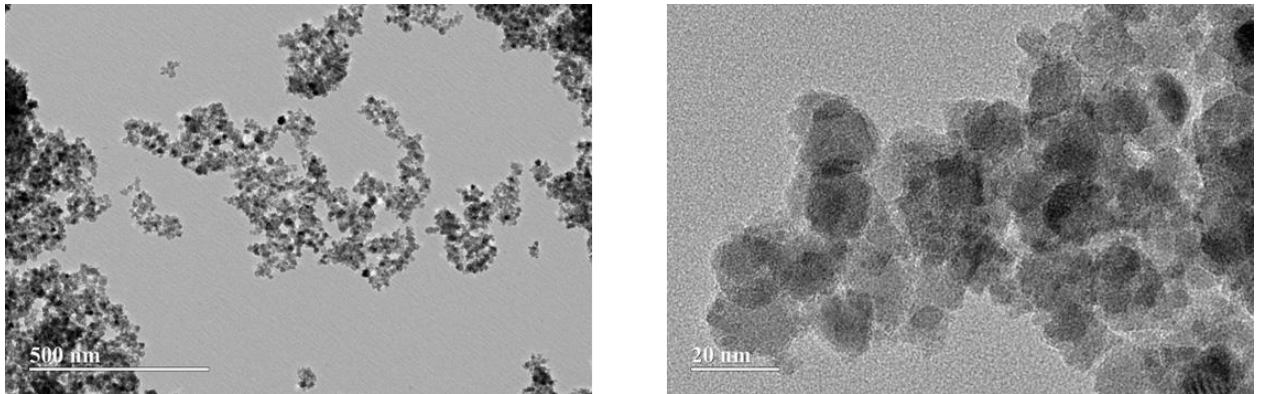


Figura 08: Micrografias para as amostras ZnO nano evidenciando os tamanhos das partículas relativo à escala de 100 e 20 nm.

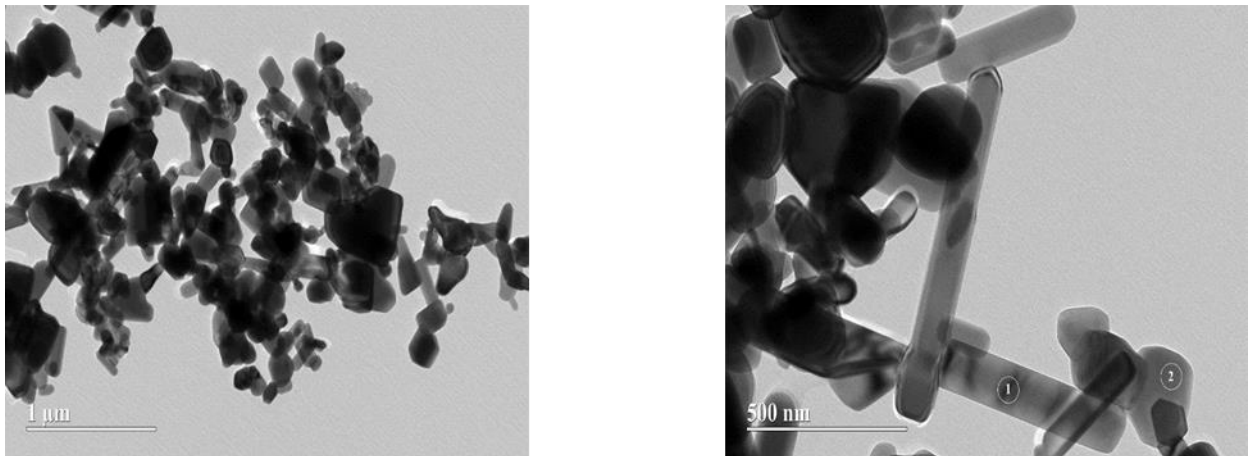


Figura 09: Micrografias para as amostras ZnO nano evidenciando os tamanhos das partículas relativo à escala de 100 e 500 nm.

Por meio das micrografias das amostras dos óxidos, podem ser observadas as diferenças entre os respectivos tamanhos das partículas entre as amostras no formato nano e bulk.

Nesse sentido, as amostras sintetizadas (ZnO e MgO) apresentam dimensões das partículas em escalas nanométricas, ou seja, dimensões bem abaixo de 100 nm. Ao passo que as amostras comerciais não apresentam dimensões em escala nanométrica, contudo é possível perceber que as amostras para MgO nano e bulk, não apresentam uma diferença tão grande entre as dimensões de suas partículas, quando comparadas com as amostras de ZnO nano e bulk. É possível perceber que as dimensões para as amostras ZnO bulk possuem dimensões muito superiores a escala nanométricas e muito maiores em relação as outras amostras.

9.2. ANALISES ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

9.2.1. Análises Mg

As análises de espectroscopia de absorção atômica foram realizadas no laboratório solo e cria em goiania, os gráficos e tabelas e tabelas apresentados abaixo foram feitos pelo excel, e também foram fundamentados pelo teste de (DUUN < 0,05).

Os teores de magnésio na raiz do milho não diferiram entre si, exceto pelo tratamento ZnO Bulk 2mg ($p < 0.05$). Os teores médios foram em média de 0,15 mg/Kg para cada tratamento, já para o ZnO Bulk 2mg a média foi menor com apenas 0,08 mg/Kg (Tabela 01, Figura 01). Não houve diferença entre os tratamentos nas formas *bulk* e nano.

Já para os teores de magnésio na folha do milho, o tratamento Zn Bulk 2mg foi o que apresentou menor teor de Mg no tecido foliar, com cerca de 0,48 mg/Kg, diferindo inclusive do controle sem nenhuma dosagem dos tratamentos ($p < 0.05$) (-48%). O tratamento de MgO+Zn Bulk de 2mg também apresentou valores intermediários menores que o controle (-27%). Na tabela e figura abaixo estão representados os resultados referentes as análises de teor do Mg:

Tabela 01: Teores de magnésio nas folhas e raiz do milho com tratamentos ZnO e MgO/Zn

Tratamentos	Teor de Mg (Média $\pm$ Desvio Padrão)
Controle Raiz	0,15 $\pm$ 0,26a
ZnO nano 2mg Raiz	0,18 $\pm$ 0,01a
ZnO bulk 2mg Raiz	0,08 $\pm$ 0,01b
MgO Zn Nano 2mg Raiz	0,15 $\pm$ 0,01a
MgO Zn bulk 2mg Raiz	0,15 $\pm$ 0,01a
Controle Folha	0,69 $\pm$ 0,01a
ZnO nano 2mg Folha	0,60 $\pm$ 0,02b
ZnO bulk 2mg Folha	0,48 $\pm$ 0,01b
MgO Zn nano 2mg Folha	0,64 $\pm$ 0,01ab
MgO Zn bulk 2mg Folha	0,54 $\pm$ 0,01b

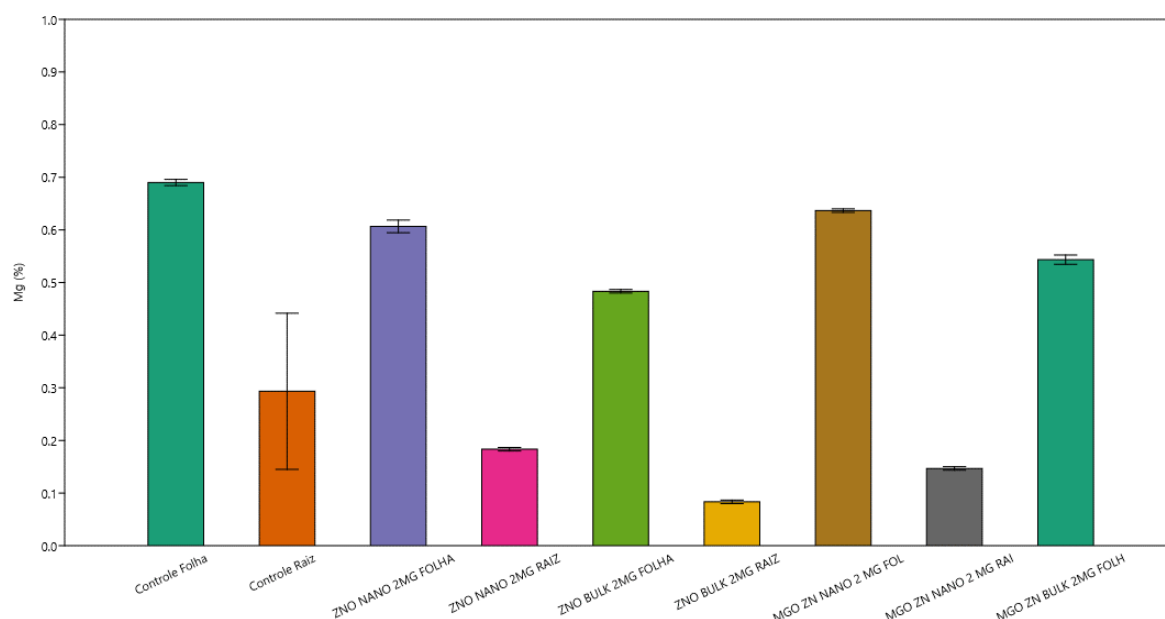


Figura 10: Teores de magnésio em folhas e raiz do milho com tratamentos de ZnO e MgO/Zn.

9.2.2. Análises Zn

Ao analisar a tabela de valores das médias de teores dos tratamentos realizados no milho, os teores médios tiveram resultados com coeficiente de variação parcialmente significativo. Destaca-se que os experimentos não detectaram absorção de Zn significativa na folha para os tratamentos ZnO nano, ZnO/MgO nano, realizados com ZnO Nano Raiz, MgZnO NanoRaiz, ZnO Nano folha, MgO Zn Nano, e também os controles de Raiz e Folha não tiveram efeito de acordo com teste DUNN ($p < 0,05$).

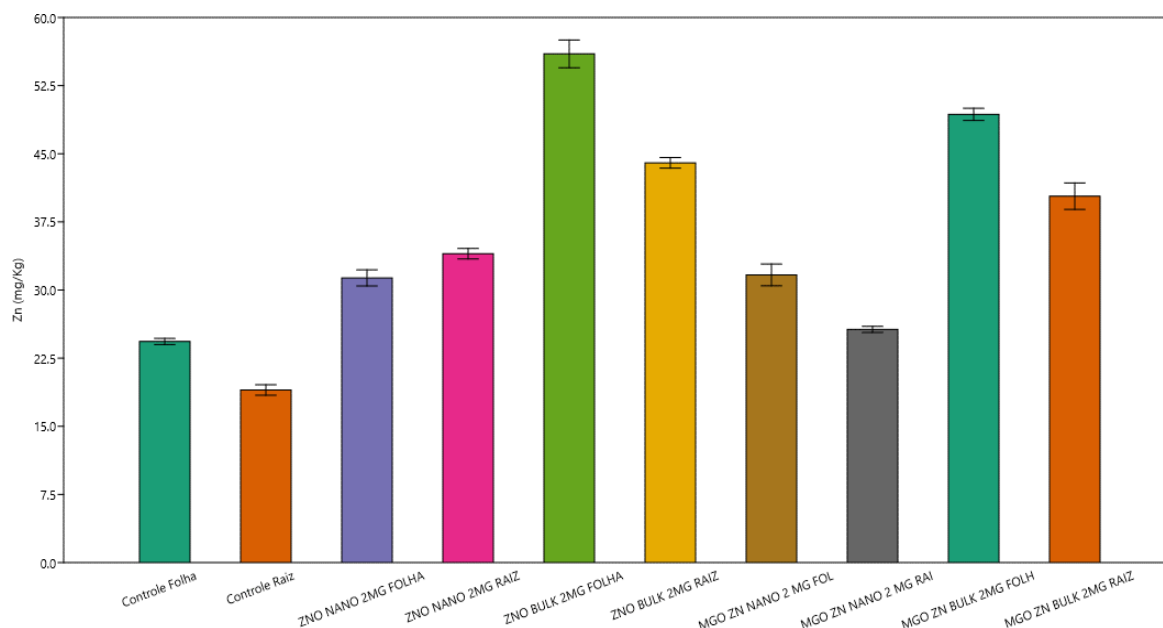
Os teores de zinco na planta do milho variam entre os diferentes tratamentos de Zn e MgO. O tratamento controle apresentou os menores teores médios de Zn na planta, tanto na raiz quanto nas folhas, apresentando cerca de 19mg/Kg na raiz e 24mg/Kg na folha ($p < 0,05$). Para ambas as partes da planta, os tratamentos na forma Nano, não diferiram do tratamento controle. Porém, para a forma *Bulk*, os teores de zinco se mostraram todos superiores aos do tratamento controle ($p < 0,05$).

Para o tratamento Zn *bulk* o teor médio na raiz foi de 44 mg/kg, superior 43% ao controle e 33% ao tratamento de Zn Nano ($p < 0,05$). Para as folhas, o teor médio foi de 24 mg/Kg, sendo similar para os tratamentos de Zn nano, porém foi o mais que o dobro para o Zn *Bulk* (57 mg/Kg).

Na tabela e figura abaixo estão representados os resultados referentes ao teor de Zn na folha e raiz do milho:

Tabela 02: Teores de zinco nas folhas e raiz do milho tratamentos de ZnO e MgO/Zn

Tratamentos	Teor de Zn (Média ± Desvio Padrão)
Controle Raiz	19±0,82a
ZnO Nano 2mg Raiz	34±0,82b
ZnO <i>bulk</i> 2mg Raiz	44±0,82b
MgO Zn Nano 2mg Raiz	26±0,47a
MgO Zn <i>bulk</i> 2mg Raiz	40±2,05b
Controle Folha	24±0,47a
ZnO nano 2 mg Folha	31±1,25a
ZnO <i>bulk</i> 2 mg Folha	57±2,16b
MgO Zn nano 2 mg Folha	31±1,7a
MgO Zn <i>bulk</i> 2 mg Folha	50±0,94b

**Figura 11:** Teores de zinco em folhas e raiz do milho com tratamentos Zn e MgO/Zn

A partir das análises realizadas no trabalho referente dos teores de Zn-Mg, pode-se debater os seguintes pontos em relação aos tratamentos realizados no milho. O milho é uma planta agrícola de crescimento rápido que pode ser beneficiada com a absorção de nutrientes como zinco e magnésio. Os nutrientes disponíveis no solo são absorvidos pelo solo e levados as diferentes partes da planta.

A partir dos resultados das análises dos teores de Zn-Mg neste estudo, verifica-se que o Mg não afetou o desenvolvimento das raízes das plantas, nem no formato *bulk* comercial quanto formato nanométrico comparando com o controle. De acordo com os estudos de DUARTE,

GLAUCEA e WARMETING (2018) este fato é explicado, entre outras coisas, pelas propriedades microestruturais únicas do óxido de magnésio como sua porosidade e sua grande área superficial.

A partir das figuras 10 e 11 da análise de caracterização das amostras MgO nano e *bulk*, nota-se que o tamanho e dimensão das partículas é pequeno, ou seja, as áreas de superfície das partículas se tornaram maiores e consequentemente mais reativas, suscitas a reagir com outros compostos do solo e desfavorecendo a absorção de Mg.

Em relação a absorção de Mg, na tabela 1 e figura 4 o unico valor significativo foi o tratamento ZnO Bulk comercial 2mg, onde ocorreu a redução do teor Mg, a redução da raiz comparada com o controle foi de 46,7%, e a redução na folha comparada com o controle foi de 30,4%.

Portanto, os teores de Zn no milho, destaca-se que tratamentos realizados com ZnO nano raiz, ZnO/Mg nano raiz, ZnO nano folha, ZnO/Mg nano, e também os controles de raiz e folha não tiveram efeito de acordo com teste DUNN ($p < 0,05$) ou seja nenhum tratamento realizado na forma nano, favoreceu a absorção de Zn.

Observa-se que o motivo está visível nas amostras da MET na figura 12, onde as amostras possuem tamanho pequeno, com diâmetro de 500 nm e a junção de várias nanopartículas menores, desfavorecendo a absorção de Zn na folha e raiz, como citado no estudo partículas menores são mais reativas a reagir com outros compostos do solo desfavorecendo absorção de Zn.

Para o tratamento Zn *bulk* comercial 2 mg o teor médio na raiz foi de 44 mg/kg, superior 43% ao controle e 33% ao tratamento de Zn Nano ($p < 0,05$). Para as folhas, o teor médio foi de 24 mg/Kg, sendo similar para os tratamentos de Zn nano, porém foi o mais que o dobro para o Zn Bulk (57 mg/Kg).

O trabalho de RAMESH RALIYA E J. C. TARAFDAR (2013) apresenta os seguintes conceitos a entrada de nanopartículas nas plantas está relacionada ao potencial zeta também ao tamanho que é capaz de entrar do apoplasto e se deslocar para outras partes via plasmodesmata.

Desta forma compreende-se que todos os tratamentos realizados com a presença de ZnO bulk favoreceram a absorção de Zn, mostrando superior ao controle, observou-se nas micrografias das amostras de ZnO bulk, que as amostras possuem tamanho significamente maior que as demais amostras. Isso pode influenciar na absorção, pois partículas menores tendem a apresentar uma elevada área superficial o que torna a superfície muito instável e extremamente reativa. Em contrapartida as amostras com partículas maiores tendem a apresentar menor reatividade superficial e maior estabilidade. Partículas menores podem estar

interagindo com muita intensidade com os componentes do solo e criando camadas de outros elementos em suas superfícies, o que pode dificultar a migração de íons/átomos superficiais para as raízes e folhas. Por outro lado, as partículas mais estáveis podem possuir uma superfície mais livre para a migração dos átomos/íons para as raízes e folhas das plantas.

10. CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi estudado quais são os efeitos das aplicações dos óxidos de ZnO e MgO nano e *bulk*, foram realizadas análises de espectroscopia de absorção atômica, EDX e MET, para caracterização e quantificação dos teores dos tratamentos e comparando-os com o controle. Pode-se afirmar que os tratamentos com MgO nano e bulk e os tratamentos ZO/MgO nano não favoreceram a absorção de Mg e Zn na raiz e na folha das plantas, por outro lado os tratamentos com diferenças significativas na absorção do Zn, foram os observados nos tratamentos cm que estavam presentes amostras ZnO bulk.

Pode-se concluir que a absorções dos micronutrientes Zn e Mg no milho vão depender de alguns fatores e propriedades nas partículas aplicadadas ou seja o tamanho da partícula tem influência na absorção, desta forma partículas menores são mais reativas pois a área de superfície é muito grande e assim interegem facilmente com algo do solo, já nas partículas maiores o efeito é o inverso pois as partículas são menos reativas, e mais estáveis, com a sua área de superfície menor facilitando o transportes dos íons para as partes das plantas folha e raiz.

Compreende-se que as absorções dos teores de Mg-Zn dos tratamentos das amostras de ZnO bulk, podem ter sido das próprias amostras ou podem ter influenciado de forma positiva as absorções dos nutrientes de Zn-Mg presentes no solo. Ao final do trabalho pode-se concluir quais são os efeitos das aplicações dos óxidos ZnO MgO nano e bulk, desta forma as aplicações influenciam a absorção de micronutrientes, principalmente Zn, e não prejudicaram o desenvolvimento das plantas, ou seja não se mostraram tóxicas nas concentrações estudadas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLIUM CEPA L. **Impacto de Nanopartículas de Óxido de Zinco na Germinação in vitro e no crescimento de Plantas**. Laboratório de Nanoestruturas, Instituto de Física de Alta Pressão, Academia Polonesa of Science 2020.

ARRUDA SC, Et.al. **Nanoparticles applied to plant science: a review**. *Talanta*. 2015 Jan;131:693-705.

BRASIL. MAPA. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília : MAPA/SDA/CGAL, 2014.

CAKMAK, ISMAIL. **Magnesium in crop production, food quality and human health Springer**. Science Business Media Dordrecht 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257639323_Magnesium_in_Crop_Production_Food_Quality_and_Human_Health> Acesso em 08 de out. 2022.

DUARTE, GLAUCEA. **Obtenção de nanopartículas de MgO revestidas com carbono: avaliação dos parâmetros de síntese e tratamento térmico na morfologia das nanoestruturas obtidas**. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina 2018. Disponível: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/206023>> Acesso em 20 de nov. 2023.

FRANCO, A. F.; ALVES, T. E. P. **Room temperature ferromagnetism in combustion reaction prepared iron doped zinc oxide nanoparticles**. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2013. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/273844215_Room_temperature_ferromagnetism_in_combustion_reaction_prepared_iron-doped_zinc_oxide_nanoparticles> Acesso em: 05 de jan. 2023.

GOMES, Yara. **Estudo da influência da aplicação de nanopartículas de ZnO e MgO**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2022. Disponível: < <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/1413>> Acesso em: 02 de jan. 2023.

GUAGLIANONI, Waleska Campos. **Síntese de ZnO Nanoestruturado Através de Método de Combustão em Solução e sua Caracterização Micro Estrutural**, 2012. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Repositorio Digital Lume. Disponível: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/66122>> Acesso em: 02 de out. 2022.

HWANG, C.C.; WU, T.Y. **Combustion synthesis of nanocrystalline ZnO powders using zinc nitrate and glycine as reactants - influence of reactant composition**. *Journal of Materials Science*, 39, 2004. Disponível: < https://www.researchgate.net/publication/226833432_Combustion_synthesis_of_nanocrystalline_ZnO_powders_using_zinc_nitrate_and_glycine_as_reactants_-_Influence_of_reactant_composition> Acesso em 09 de dez. de 2022.

JAIN. SR. Et.al **A New Approach to Thermochemical Calculations of Condensed Fuel-Oxidizer Mixtures in Combustion**, 2012.

LACERDA, TALITA M.. **Espectroscopia de absorção e emissão atômica**. Universidade de são paulo - Escola de engenharia de lorena 2016. Disponível: < <http://www.iq.usp.br/hvlinner/Absorcao%20e%20emissao%20atomica.pdf>> Acesso em; 06 de nov. 2022.

MARMIROLI, NELSON. **Zinc Oxide Nanoparticles Affect Biomass Accumulation and Photosynthesis in Arabidopsis**. Key Laboratory of Molecular Epigenetics of Ministry of Education, Northeast Normal University, Changchun, China Edited by University of Parma, Italy, 2016. Disponível: < <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01243>> Acesso em 15 de nov.2023.

MAYRINCK, C. Et.al. **Síntese Propriedades e Aplicações de Óxido de Zinco Nanoestruturado**, Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (5), 1185-1204. Data de publicação na Web: 7 de outubro de 2014. Disponível: <<http://www.uff.br/rvq>> Acesso em 20 de abr.2023.

MAYRINCK, Caroline., Et.al. **Nanotecnologia e sua Importância no Contexto Brasileiro. In: E- science e Políticas Públicas para ciência**. Tecnologia e Inovação no Brasil, pp. 97-106. ISBN: 978-85-232-1865-2. Salvador: EDUFBA, 2018.

PAULA, MC. **Nanopartículas em Plantas**, Nano o quê, 2017. UNESP. Disponível:< <https://seer.assis.unesp.br/index.php/aprendendociencia/article/download/350/321/1>> Acesso em: 09 de nov.2022.

NASCIMENTO WM; Et.al. **Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido**. Horticultura Brasileira 30: 494-498. 2012. Disponível: < <https://www.scielo.br/j/hb/a/XtRcpwtcnJ4b37WxVYYyN9x/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 06 de out. 2022.

NASCIMENTO, Maryane Covezzi, **Biossíntese e atividade antimicrobiana de nanopartículas de óxido de zinco**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Universidade tecnológica federal do Paraná. Curitiba, 2016. Disponível: < https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9122/1/CT_COQUI_2016_2_06.pdf> Acesso em: 08 de nov.2023.

OP, K., KARUKU, G.N., MBUI, D., NJOMO, N., MICHIRA, I. **Evaluating the effects of formulated nano-NPK Slow Release Fertilizer Composite on the Performance And Yield of Maize, Kale and Capsicum**, 2019. Disponível: < <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2019.05.010>> Acesso em: 12 de dez. de 2023.

PEARTON, S. J. **Recent progress in processing and properties of ZnO**. Progress in Materials Science 293-340, 2005. Disponível: < <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2004.04.001>> Acesso em 20 de abr. 2023.

PHOGAT, Navneet. Et.al. **Fate of inorganic nanoparticles in agriculture**. Adv.matter. let.2016, 7(1), 03-12. 2016. Disponível:< https://www.researchgate.net/publication/291354035_Fate_Of_Inorganic_Nanoparticles_In_Agriculture/link/56a23d8708ae1b65112c8317/download> Acesso em: 5 de jan.2023.

RAMESH RALIYA J. C. TARAFDAR. **ZnO Nanoparticle Biosynthesis and Its Effect on Phosphorous-Mobilizing Enzyme Secretion and Gum Contents in Clusterbean**

(Cyamopsis tetragonoloba L.) Agricultural Research 48–57 2013. Disponível: < https://www.researchgate.net/publication/257808294_ZnO_Nanoparticle_Biosynthesis_and_Its_Effect_on_Phosphorous-Mobilizing_Enzyme_Secretion_and_Gum_Contents_in_Clusterbean_Cyamopsis_tetragonoloba_L> Acesso em: 08 de nov. de 2022.

RAVINDRA REDDY, AND THALAPPIL PRADEEP **Novel Effects of Nanoparticulate Delivery of Zinc on Growth, Productivity, and Zinc Biofortification in Maize (Zea mays L.)**, 2016. Disponível: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27089102/>> Acesso em 01 de fev. 2023.

ROMUALDO, Liliane Maria **Modos de Aplicação de Zinco no Crescimento Inicial de Plantas de Milho e de Sorgo em Casa de Vegetação**, 2008. Repositorio Institucional Unesp. Disponível: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96902>> Acesso em: 10 de dez. 2023

SANAULLAH, M. Et. al. **Nanotechnology in Agriculture: Current status, challenges and future opportunities**. Science of The Total Environment, 2020. Disponível: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32179352/>> Acesso em 10 de mar. 2023.

SANTOS, LUIZ HENRIQUE DE MELO DOS. **Propriedades estruturais e eletrônicas das nanopartículas puras de core-shell de prata e de ouro**. Universidade de São Paulo Instituto de Física 2015. São Paulo. Disponível: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-09072015-201251/publico/master.pdf>> Acesso em: 01 de abr. 2023.

SILVA, Bruna Lallo. **A influência do tamanho das nanopartículas nas propriedades antimicrobianas do ZnO**. Faculdade de Ciências Farmacêuticas câmpus de Araraquara programa de pós-graduação em Ciências farmacêuticas 2017. Disponível: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/151432>> Acesso em: 05 de fev. 2023.

SOUTO FILHO, S. N. **Nanopartículas Morfologia da Nanoestrutura e Espectrometria de Massa como Indicadores da Recuperação de um Latossolo vermelho**. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP - Campus de Ilha Solteira 2016. Disponível: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/146702>> Acesso em: 10 nov. 2022.

SOUZA, Adriana Alves Batista de. **Nanopartículas de ZnO e de CuO : efeitos fisiológicos em plantas de feijão-caupi (Vigna unguiculata)**. 2018. 91 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7670>> Acesso em: 15 de mai. 2023.