



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

CLEIDIANE DE ANDRADE FERREIRA

**EFEITO DE DOSES DE ZINCO VIA SOLO E FOLIAR EM MUDAS DE
EUCALIPTO E NA PREFERÊNCIA DE CORTE DA FORMIGA-CORTADEIRA
*ATTA SEXDENS***

**Gurupi – TO
2022**

Cleidiane de Andrade Ferreira

Efeito de doses de zinco via solo e foliar em mudas de eucalipto e na preferência de corte da formiga-cortadeira *Atta Sexdens*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestre (a) em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Renato de Almeida Sarmento.

**Gurupi, TO
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

F383e Ferreira, Cleidiane de Andrade.

Efeito de doses de zinco via solo e foliar em mudas de eucalipto e na preferência de corte da formiga-cortadeira *Atta Sexdens*. / Cleidiane de Andrade Ferreira. – Gurupi, TO, 2024.

45 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2024.

Orientador: Renato de Almeida Sarmento

1. *Eucalyptus urophylla*. 2. Adubação. 3. Cultivo. 4. Cerrado. I. Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cleidiane de Andrade Ferreira

Efeito de doses de zinco via solo e foliar em mudas de eucalipto e na preferência de corte da formiga-cortadeira *Atta Sexdens*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca examinadora.

Data de aprovação 29/06/2022

Banca examinadora:



Prof.(o) PhD Renato de Almeida Sarmiento. Orientador, UFT



Prof.(a) Dra. Eliane Aparecida Rotili. Examinadora, UFT



Prof.(a) Dra. Poliana Silvestre Pereira. Examinadora, UFT

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e pesquisador da Embrapa Acre Rodrigo Souza Santos pelo apoio e suporte realizados ao longo deste trabalho.

A todas as pessoas que participaram de forma direta e indiretamente na elaboração deste trabalho.

RESUMO

Com o aumento do cultivo em áreas do Cerrado, surge a preocupação com problemas relacionados aos sintomas de deficiência de micronutrientes, tais como zinco (Zn) e boro (B) e com o ataque de pragas durante o desenvolvimento da cultura, dando destaque às formigas-cortadeiras. Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes doses de Zn no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* e diferentes modos de aplicação, via solo e via foliar, bem como a influência do Zn na preferência de corte das formigas cortadeiras *Atta sexdens*. Foram montados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e sete repetições. O primeiro experimento constituiu-se de cinco doses de Zn, na forma de sulfato de zinco para ambos experimentos (0; 2,5; 5; 10 e 20 mg/dm³) aplicadas via solo e o segundo experimento constituiu-se de cinco doses de Zn (0; 2,5; 5; 10 e 20 mg/L) aplicadas via foliar mais uma dose extra de 20 mg/dm³ de Zn aplicada via solo. Os experimentos foram conduzidos em viveiro telado e após 80 dias do plantio avaliaram-se: o diâmetro do caule, a altura, comprimento da raiz, número de folhas, matéria seca da parte aérea e das raízes, matéria seca total, teor de macro e micronutrientes nas folhas e as trocas gasosas: concentração interna de carbono, condutância estomática, transpiração e taxa de fotossíntese líquida. As mudas de *E. urophylla* mesmo não apresentando diferenças significativas estatisticamente, parte das variáveis avaliadas apresentaram resposta positiva à aplicação de Zn, analisando-se os gráficos de regressão linear e quadrática, principalmente nas doses de 10 e 20 mg/L e 10 e 20 g/dm³. Para a avaliação da preferência de corte das formigas-cortadeiras *A. sexdens* por mudas de *E. urophylla*, as mudas foram submetidas a doses de Zn de 0 (testemunha) e de 20 mg/dm³ via solo mais 20 mg/L via foliar, na forma de sulfato de zinco. As mudas utilizadas foram cultivadas em casa de vegetação até os 80 dias e depois submetidas a avaliação em laboratório. As folhas das mudas tratadas com diferentes doses de Zn foram oferecidas em placas de Petri a três colônias de formigas de ninhos artificiais de *A. sexdens* em laboratório, com livre chance de escolha entre os tratamentos. Avaliou-se a porcentagem de tecido foliar cortado e transportado até os ninhos durante 20 minutos entre as diferentes doses e colônias, sendo que foram feitas quatro ofertas sequenciais de folhas. Através dos dados obtidos, observou-se que não houve preferência de corte pelas folhas de mudas de eucalipto tratadas com diferentes doses Zn pelas colônias de formigas-cortadeiras *Atta sexdens*.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla*. Adubação. Cultivo. Cerrado.

ABSTRACT

With the increase in cultivation in areas of the Cerrado, there is a concern about problems related to symptoms of micronutrient deficiency, such as zinc (Zn) and boron (B), and the attack of pests during the development of the culture, with emphasis on leaf-cutting ants. This work aimed to evaluate different doses of Zn in the development of eucalyptus seedlings and different modes of application, via soil and foliar, and the influence of Zn on the cutting preference of leaf-cutting ants *Atta sexdens*. Two experiments were set up in a completely randomized design, with five treatments and seven replications. The first experiment consisted of five doses of Zn, in the form of zinc sulfate for both experiments, 0; 2.5; 5; 10 and 20 mg/dm³ applied via soil and the second experiment consisted of five doses of Zn, 0; 2.5; 5; 10 and 20 mg/L) applied via leaves plus an extra dose of 20 mg/dm³ of Zn applied via soil. The experiments were carried out in a greenhouse and after 80 days of planting, the following were evaluated: stem diameter, height, root length, number of leaves, shoot and root dry matter, total dry matter, macro and micronutrients in leaves and gas exchange: internal carbon concentration, stomatal conductance, transpiration and net photosynthesis rate. Even though *Eucalyptus urophylla* seedlings did not show statistically significant differences, part of the evaluated variables showed a positive response to the application of Zn, analyzing the linear and quadratic regression graphs, mainly at doses of 10 and 20 mg/L and 10 and 20 g/dm³. To evaluate the cutting preference of leaf-cutting ants *Atta sexdens* for *Eucalyptus urophylla* seedlings, the seedlings were submitted to zinc doses of 0 (control) and 20 mg/dm³ via soil plus 20 mg/L via foliar, in the form of Zn sulfate. The seedlings used were kept in a greenhouse for up to 80 days and then submitted to laboratory evaluation. The leaves of seedlings treated with different doses of Zn were offered in Petri dishes to three colonies of ants from artificial nests of *A. sexdens* in the laboratory with free choice between treatments. The percentage of leaf tissue cut and transported to the nests was evaluated for 20 minutes between different doses and colonies, and four sequential offers of leaves were made. Through the data obtained, it was observed that there was no preference for cutting the leaves of eucalyptus seedlings treated with different doses of Zn by the colonies of leaf-cutting ants *Atta sexdens*.

Keywords: *Eucalyptus urophylla*. Fertilizing. Cultivation. Thick.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	7
2	EFEITO DA APLICAÇÃO DE ZINCO EM MUDAS DE <i>EUCALYPTUS UROPHYLLA</i>	10
3	PREFERÊNCIA DE CORTE DA FORMIGA-CORTADEIRA <i>Atta sexdens</i> POR MUDAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ZINCO.....	30
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

1 INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto pertencente ao gênero *Eucalyptus* tem sua origem na Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania e foi introduzido no Brasil no século XIX. Possui cerca de mais 700 espécies reconhecidas pela botânica, porém apenas 20 são utilizadas para comercialização em todo o mundo (Bertola, s.d.).

Segundo a Agência Brasil (2021), as florestas plantadas no Brasil em 2020 totalizaram uma área de 9,3 milhões de hectares, sendo que as áreas com cobertura de eucalipto representaram 80,2% das florestas plantadas. Grande parte da produção florestal do Brasil encontra-se nas regiões Sul e Sudeste, porém Minas Gerais continua tendo o maior valor da produção para o segmento de florestal.

O Brasil possui condições ideais para o crescimento do eucalipto, tendo uma produtividade 10 vezes superior a de países com Finlândia, Portugal e Estados Unidos. Atualmente, empresas florestais do País atingem produtividade média de 40 a 50 m³/ha/ano com o uso de espécies melhoradas e de tecnologias disponíveis, existindo áreas produzindo em torno de 70 m³/ha/ano (CIB, 2015).

Entre as principais espécies cultivadas no Brasil estão o *Eucalyptus grandis*, o *Eucalyptus camaldulensis*, o *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla*, além dos híbridos resultantes de cruzamentos entre as espécies, tal como o *Eucalyptus urograndis* resultante do cruzamento entre *E. grandis* × *E. urophylla* (Mora & Garcia, 2000).

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 150 milhões de hectares, representando 25% do território nacional, possuindo uma parte com potencial significativo para a produção vegetal. O eucalipto representa uma espécie promissora para o cultivo no Cerrado e já vem sendo plantado nesta região nos estados de Minas Gerais e São Paulo e atualmente vem tendo uma grande expansão na região Centro-oeste, a qual boa parte da região é ocupada pelo Bioma Cerrado (Moraes Neto, 2008; Reis et al., 2021).

Na região Norte, formada pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, a incidência de plantios florestais é menor quando comparada a outras regiões, porém o eucalipto tem grande importância em determinados locais. No Tocantins, onde grande parte do seu território é composta pelo Bioma Cerrado, os municípios de Brejinho de Nazaré possui uma área de 22.000 hectares plantados com eucalipto, seguido do município de São Bento do Tocantins com 20.300 ha, cuja finalidade é de atender à produção de celulose e papel, além de outras demandas (Reis et al., 2021).

Entre as espécies mais recomendadas para a região de Cerrado estão o *Eucalyptus urophylla*, o *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus cloeziana*. A espécie *E. urophylla* apresenta uma madeira com densidade mediana e uma cor clara e é utilizada para celulose, painéis de fibras, serraria, postes, dormentes e carvão. Essa espécie passou a ser cultivada no Brasil devido à alta resistência ao cancro do eucalipto, além das propriedades de sua madeira, podendo assim ser um substituto do *E. grandis* nas localidades onde este se torna suscetível (Mora & Garcia, 2000).

Diante do crescente aumento de áreas com espécies do gênero eucalipto, a utilização de mudas de boa qualidade é um dos aspectos mais importantes para o estabelecimento de plantios florestais e para garantir o sucesso do negócio. Mudas de boa qualidade apresentam maior taxa de sobrevivência no plantio, melhor desenvolvimento, reduzindo assim a necessidade de frequência de manutenção de tratos culturais, além de garantir um produto final de boa qualidade e com menor custo (Wendling et al., 2021).

Dentro da produção de mudas de qualidade, a nutrição das plantas tem um papel de grande importância, pois tem um efeito direto no aspecto físico e bioquímico da planta. O conhecimento das exigências nutricionais de espécies florestais permite identificar e corrigir deficiências que pode ocorrer em mudas já plantadas em diferentes substratos pobres nos mais diversos nutrientes considerados essenciais ao bom desenvolvimento dos vegetais, podendo fazer intervenções de forma correta, sem desperdício e com menor dano ao meio ambiente (Sarcinelli et al., 2004).

Segundo Silveira (2000), a prática da adubação é um dos fatores mais importantes para o aumento de produtividade do eucalipto, tendo em vista que a maioria dos plantios são realizados em áreas de solos de baixa fertilidade. O zinco (Zn) devido sua baixa disponibilidade em solos do cerrado é um dos fatores limitante a agricultura.

De acordo com Dell et al. (2001), árvores deficientes em Zn apresentam aspecto atrofiado, com folhas pequenas e aglomeradas e em *E. urophylla* folhas ainda em expansão apresentam inicialmente clorose internerval, partes arrocheadas também podem surgir e com o aumento da severidade da deficiência, as folhas novas reduzem de tamanho e os entrenós são encurtados. As pontas das folhas e o tecido internerval podem apresentar necroses devido ao alto acúmulo de fósforo aplicado em grandes quantidades.

Além dos problemas relativos à nutrição, o cultivo de eucalipto, enfrenta alguns problemas com ataques de pragas durante seu desenvolvimento. Uma das pragas que ganham atenção são as formigas-cortadeiras. Os dois gêneros existentes são compostos pelas saúvas do gênero *Atta* e as quenquéns do gênero *Acromyrmex* e são consideradas pragas na

silvicultura e em diversas outras culturas agrícolas, ocasionando grandes prejuízos (Loeck et al., 2001).

A teoria da trofobiose vem se mostrando bastante promissora e mostrando excelentes resultados no controle e aumento de resistência contra pragas e doenças nas culturas através do equilíbrio nutricional. Segundo a teoria, o estado nutricional da planta pode determinar a resistência ou suscetibilidade ao ataque de pragas e patógenos. A resistência pode ser aumentada através de mudanças na anatomia, células epidérmicas mais espessas e maior grau de lignificação ou silicificação, e mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, maior produção de substâncias repelentes ou inibidoras (Zambolim, 2012).

O Zn é um elemento que apresenta excelentes resultados no controle ou redução de pragas e doenças em diversas culturas. Atua de forma direta e indireta sobre as pragas e patógenos, sendo que doenças de raízes de tomateiros foram reduzidas pelo aumento das concentrações de Zn no solo, entre outros relatos. Porém apresenta relatos para um número de efeitos diferentes, como diminuição em alguns casos e aumento em outros ou o não efeito sobre a suscetibilidade de plantas à doença (Zambolim, 2012).

Tendo em vista a exigência da cultura do eucalipto pelo micronutriente Zn, a carência deste elemento em solos do Cerrado e seu efeito sobre a redução do ataque de pragas e doenças em algumas culturas, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de Zn via solo e foliar em mudas de eucalipto da espécie *Eucalypto urophylla* cultivadas em substrato a partir de solo do Cerrado e a preferência de corte da formiga-cortadeira *A. sexdens*.

2 EFEITO DA APLICAÇÃO DE ZINCO EM MUDAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA*

Resumo

O eucalipto representa uma espécie com cultivo consolidado no Cerrado e que vem sendo cultivado em diversos estados que abrangem este Bioma. Desta forma, objetivou-se avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas da espécie *Eucalyptus urophylla* submetidas à aplicação de Zn via solo e foliar em um Latossolo Vermelho Distrófico do Cerrado. Foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições. O primeiro experimento constituiu-se de cinco doses de Zn, na forma de sulfato de zinco para ambos experimentos, 0; 2,5; 5; 10 e 20 mg/dm³ aplicadas via solo e o segundo experimento constituiu-se de cinco doses de Zn, 0; 2,5; 5; 10 e 20 mg/L) aplicadas via foliar mais uma dose extra de 20 mg/dm³ de Zn aplicada via solo, sendo esta dose necessária devido ao baixo teor de Zn no solo e que poderia comprometer o desenvolvimento inicial das mudas que receberiam aplicações via foliar. Os experimentos foram conduzidos em viveiro telado e após 80 dias do plantio avaliaram-se: o diâmetro do caule, altura, comprimento da raiz, número de folhas, matéria seca da parte aérea e das raízes, matéria seca total, teor de macro e micronutrientes nas folhas e as trocas gasosas: concentração interna de carbono, condutância estomática, transpiração e taxa de fotossíntese líquida. As mudas de *Eucalyptus urophylla* mesmo não apresentando diferenças significativas estatisticamente, parte das variáveis avaliadas apresentaram resposta positiva à aplicação de Zn, principalmente nas doses de 10 e 20 mg/L e 10 e 20 g/dm³.

Palavras-chave: Adubação. Cerrado tocantinense. Eucalipto. Nutrição mineral.

Abstract

Eucalyptus represents a species with consolidated cultivation in the Cerrado and that has been cultivated in several states that cover this Biome. Thus, the objective was to evaluate the growth and development of *Eucalyptus urophylla* seedlings submitted to soil and foliar Zn application in a Cerrado Dystrophic Red Latosol. Two experiments were carried out in a completely randomized design, with five treatments and seven replications. The first experiment consisted of five doses of Zn, in the form of zinc sulfate for both experiments, 0;

2.5; 5; 10 and 20 mg/dm³ applied via soil and the second experiment consisted of five doses of Zn, 0; 2.5; 5; 10 and 20 mg/L) applied via foliage plus an extra dose of 20 mg/dm³ of Zn applied via soil, this dose being necessary due to the low Zn content in the soil and which could compromise the initial development of seedlings that would receive applications via leaf. The experiments were carried out in a greenhouse and after 80 days of planting, the following were evaluated: stem diameter, height, root length, number of leaves, shoot and root dry matter, total dry matter, macro and micronutrient content. in leaves and gas exchange: internal carbon concentration, stomatal conductance, transpiration and net photosynthesis rate. Even though *Eucalyptus urophylla* seedlings did not show statistically significant differences, part of the evaluated variables showed a positive response to Zn application, mainly at doses of 10 and 20 mg/L and 10 and 20 g/dm³.

Keywords: Fertilization. Cerrado tocantinense. *Eucalyptus*. Mineral nutrition.

Introdução

O Brasil possui condições climáticas ideais para o crescimento e desenvolvimento de espécies do gênero *Eucalyptus*, tendo uma produtividade 10 vezes superior de países com Finlândia, Portugal e Estados Unidos. Atualmente, empresas florestais do País atingem produtividade média de 40 a 50 m³/ha/ano com o uso de espécies melhoradas e de tecnologias da silvicultura com áreas produzindo em torno de 70 m³/ha/ano (CIB, 2015).

Segundo a Agência Brasil (2021), as florestas plantadas no Brasil em 2020 totalizaram uma área de 9,3 milhões de hectares, sendo que as áreas com cobertura de eucalipto representaram 80,2% das florestas plantadas. Grande parte da produção florestal do Brasil encontra-se nas regiões Sul e Sudeste, sendo que Minas Gerais continua sendo o maior produtor florestal.

Entre as principais espécies do gênero cultivadas no Brasil estão *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, além dos híbridos resultantes de cruzamentos entre as espécies, tal como o cruzamento entre *E. grandis* × *E. urophylla* (Mora & Garcia, 2000).

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 150 milhões de hectares, representando 25% do território nacional, possuindo uma parte com potencial significativo para a produção vegetal. O eucalipto representa uma espécie já consolidada para o cultivo no Cerrado e já vem sendo plantado nesta região nos estados de Minas Gerais e São Paulo e

atualmente vem tendo uma grande expansão na região Centro-oeste, a qual boa parte é ocupada pelo Bioma Cerrado (Moraes Neto, 2008; Reis et al., 2021).

O Cerrado tocantinense abrange 91% da área territorial do Estado. O cultivo de eucalipto segundo o Censo agropecuário de 2017 realizado pelo IBGE correspondia a uma área de 121.193 ha, tendo uma maior importância nas cidades de Brejinho de Nazaré com 22.000 ha e São Bento do Tocantins com 20.300 ha, as quais concentram os maiores maciços de eucaliptos da região destinados a atender à produção de celulose e papel, além de outras finalidades (IBGE, 2017; Reis et al., 2021).

Entre as espécies mais recomendadas para a região de Cerrado estão *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana*, sendo que a primeira espécie fornece madeira com densidade mediana e uma cor clara, é utilizada para produção de celulose, painéis de fibras, serraria, postes, dormentes e carvão. *Eucalyptus urophylla* passou a ser cultivado no Brasil devido à alta resistência ao cancro do eucalipto, além das propriedades de sua madeira, podendo assim ser um substituto de *E. grandis* nas localidades onde este se torna suscetível (Mora & Garcia, 2000).

Diante do aumento de áreas plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus*, a utilização de mudas de boa qualidade é um dos aspectos mais importantes para o estabelecimento de plantios florestais e para garantir o sucesso em seu desenvolvimento e a nutrição das plantas tem um papel de grande importância, tendo um efeito direto no aspecto físico e bioquímico da planta. Mudanças de boa qualidade apresentam maior taxa de sobrevivência no plantio, melhor desenvolvimento, reduzindo assim a necessidade de frequência de manutenção de tratamentos culturais, além de garantir um produto final de boa qualidade e com menor custo (Sarcinelli et al., 2004; Wendling et al., 2021).

Segundo Silveira (2000), a prática da adubação é um dos fatores mais importantes para o aumento de produtividade do eucalipto, tendo em vista que a maioria dos plantios são realizados em áreas de solos de baixa fertilidade. O Zn devido sua baixa disponibilidade em solos do cerrado é um dos fatores limitantes a agricultura.

O Zn é responsável pela biossíntese de triptofano que é um precursor do fitormônio ácido indolacético, o qual atua diretamente na divisão celular e no crescimento das plantas, aumentando a eficiência da água e dos nutrientes. Plantas de eucalipto com deficiência de zinco geralmente apresentam atrofiamento e as folhas são pequenas e aglomeradas. Em *E. urophylla*, folhas ainda em crescimento apresentam inicialmente clorose internerval, podendo surgir áreas com coloração arroxeadas e com o agravamento da deficiência, as folhas podem

reduzir de tamanho e os entrenós encurtam, pontas das folhas e as manchas no tecido internerval podem torna-se necróticas (Marschner, 1995; Dell et al., 2001).

O eucalipto é uma cultura que apresenta alta exigência pelo Zn, sendo este um elemento considerado limitante na agricultura em solos do Cerrado, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas da espécie *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes doses de Zn e modos de aplicação, sendo elas via solo e foliar, em substrato feito de solo do Cerrado e sua influência na fotossíntese e na concentração de nutrientes nas folhas das mudas.

Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos em uma pequena propriedade rural localizada no município de Paraíso do Tocantins - TO, e avaliados no laboratório de Simbiose Insetos-Microrganismos, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, no período de maio de 2021 a julho de 2021. O solo para a produção do substrato das mudas foi coletado nas camadas mais profundas (20 a 40 cm), classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), com coordenadas latitude 10°6'30,0222" e longitude 48°55'33,82896".

Do solo coletado foi retirada uma amostra de 300 gramas para análise química e seguindo a metodologia do Laboratório de Fertilidade do solo da Embrapa Clima Temperado – RS, foi colocada em um local ventilado à sombra e posteriormente, acondicionada em saco plástico transparente, identificada e enviada para o laboratório Safrar Análises Agrícolas, localizado no município de Patrocínio – MG (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Características químicas do solo coletado na área.

pH (H ₂ O) ⁽¹⁾	Ca ²⁺ ⁽²⁾		Mg ²⁺ ⁽²⁾	Al ³⁺ ⁽²⁾	H+Al ⁽³⁾	T ⁽⁷⁾	T ⁽⁷⁾	V ⁽⁷⁾	m ⁽⁷⁾
	cmolc dm ³							%	
5,0	0,60		0,30	0,00	4,70	5,7	1,00	17,5	0,00
P meh. ⁽⁴⁾	K ⁺ ⁽⁴⁾	Fe ⁽⁵⁾	Cu ⁽⁵⁾	Mn ⁽⁵⁾	Zn ⁽⁵⁾	B ⁽⁵⁾		M.O ⁽⁶⁾	
	mg dm ³							dag kg	
1,7	38	18	0,6	2,9	0,7	0,32		1,70	

Nota: pH (H₂O)⁽¹⁾: pH em água^{(1), (2)}; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹,⁽³⁾ H+Al: Solução Tampão SMP a pH 7,5, P e K⁺⁽⁴⁾: extrator Mehlich-1, B: extrator BaCl₂ . 2H₂O 0,125% à quente, ⁽⁵⁾Cu,Fe,Mn,Zn: extrator: DTPA em pH 7,3, ⁽⁶⁾M.O.: Método colorimétrico, T: CTC pH 7,0, t: CTC efetiva, V%: Saturação por bases, m%: Saturação alumínio. Fonte: elaborada pela autora(2022).

Após a análise química do solo e para composição do substrato foram utilizados 50% do volume do substrato de solo de cerrado, 30% de esterco bovino bem curtido e 20% de

areia, seguindo a recomendação da Embrapa Cerrado para a produção de mudas de eucalipto (1997). Em seguida, foram conduzidos dois experimentos, sendo um com aplicações de diferentes doses de Zn via solo e o outro com aplicações de diferentes doses de Zn via foliar para os tratamentos com aplicações de Zn via solo e o outro para os tratamentos com aplicações de Zn via foliar. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados (DIC) com 5 tratamentos e 7 repetições.

O primeiro experimento constituiu-se de 5 doses de Zn (0, 2.5, 5, 10 e 20 mg/dm³) aplicadas via solo e o segundo experimento constituiu-se de 5 doses de Zn (0, 2.5, 5, 10 e 20 mg/L) aplicadas via foliar mais uma dose de Zn de 20 mg/dm³ via solo, sendo que esta última dose teve a finalidade de evitar o aparecimento de possíveis sintomas de deficiência do elemento no desenvolvimento inicial das mudas e possíveis interferências nos resultados, já que o solo utilizado para elaboração do substrato de ambos experimentos encontrava-se com um baixo teor de Zn e as aplicações de Zn via foliar foram feitas somente aos 45 dias após a semeadura. Para a escolha das doses seguiu-se a metodologia aplicada por Rodrigues et al. (2012).

Para adequar o solo de acordo com as exigências nutricionais de mudas de eucalipto, seguiu-se às recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás 5ª aproximação (1988). Para a produção das mudas foram utilizadas bandejas florestais de polietileno e os experimentos foram acondicionados em gaiola com malha de proteção contra insetos, visando prevenir o ataque da vespa-da-galha *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophiidae) e evitar possíveis interferências nos resultados obtidos nos experimentos.

A fonte de Zn utilizada foi o sulfato de Zn (ZnSO₄) e foram feitas também todas as adequações em relação aos outros nutrientes exigidos pela cultura do eucalipto, seguindo a análise química do solo. As fontes dos demais nutrientes necessários foram: superfosfato simples (Ca(H₂PO₄)₂ + CaSO₄.2H₂O), cloreto de potássio (KCl), ureia (CH₄N₂O), ácido bórico (H₃BO₃) e calcário dolomítico (CaCO₃) para o fornecimento de cálcio e magnésio às mudas. Para uma distribuição homogênea dos nutrientes no substrato, realizou-se a diluição de todas as fontes de nutrientes em água e posteriormente efetuou-se a aplicação no substrato.

As sementes da espécie *E. urophylla* foram adquiridas da empresa NC Aromas, localizada na cidade de São João do Paraíso – MG, e foram semeadas em bandejas florestais de polietileno utilizando o substrato produzido a partir do Latossolo Vermelho Distrófico. As plântulas sofreram desbastes 15 dias após emergência, deixando-se apenas a planta mais vigorosa e localizada no centro de cada célula da bandeja.

No experimento constituído de aplicações de Zn via foliar, as doses foram parceladas em 3 aplicações semanais após os 45 dias de emergência das mudas, sendo que as aplicações e o parcelamento das doses foram feitos de acordo com o desenvolvimento das mudas e da área foliar. A primeira dose constituiu-se de 20% da dose total a ser aplicada, a segunda dose 30% e a terceira dose de 50%, constituindo assim 100% de todas as doses avaliadas no experimento. Para aplicação, a diluição do sulfato de Zn foi realizada em água e para melhorar a eficiência de aplicação da solução foi utilizado o óleo vegetal, tendo em vista a alta cerosidade contida na superfície das folhas das mudas de eucalipto.

As mudas permaneceram no viveiro até os 80 dias e posteriormente foram submetidas a avaliação. Os parâmetros avaliados foram a altura da parte aérea, diâmetro do colo (base caule), comprimento da raiz, número de folhas, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e teor de Zn da massa seca da parte aérea. Para a coleta de todos os parâmetros a serem avaliados utilizou-se o paquímetro analógico (diâmetro do caule), uma régua milimetrada (altura da parte aérea e comprimento da raiz), estufa de secagem e balança de precisão para a obtenção da massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total.

Além dos parâmetros citados acima, avaliaram-se também as trocas gasosas das mudas submetidas a diferentes doses de Zn, no período de 8 h às 12 h da manhã. Para a obtenção dos dados, utilizou-se um analisador de gás infravermelho IRGA, modelo LCiSD da empresa ADC System, UK e as variáveis analisadas foram a concentração interna de carbono (C_i), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e a taxa fotossintética líquida (A).

Para análise dos dados, tais como altura da parte aérea, diâmetro do colo (base caule), comprimento da raiz, número de folhas, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, teor de Zn da massa seca da parte aérea, concentração interna de carbono (C_i), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e a taxa fotossintética líquida (A), utilizou-se o software Sisvar, versão 5.8, aplicando a análise variância e regressão a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Crescimento e desenvolvimento das mudas

O crescimento e desenvolvimento das mudas em altura, diâmetro do caule (colo) e número de folhas não apresentaram diferenças significativas nos resultados obtidos nas avaliações realizadas conforme o aumento das doses de Zn aplicadas via solo, porém o

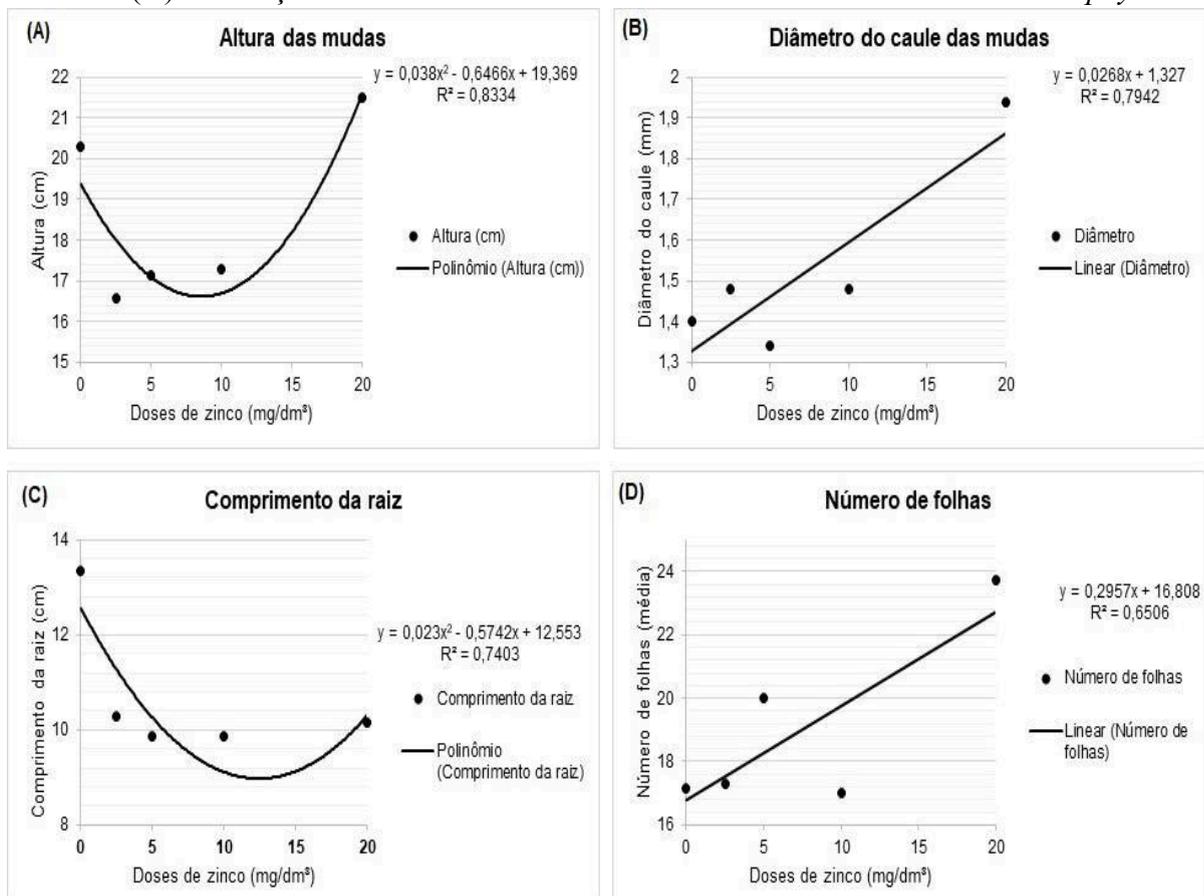
comprimento da raiz apresentou uma resposta negativa quando as mudas foram submetidas às maiores doses de Zn, sendo que a maior redução foi observada na dose de 2,5 mg/dm³, **Figura 1 (C)**. Mudas que receberam doses de 5 a 10 mg/dm³ não apresentaram variação dos valores obtidos, tendo um leve aumento na dose de 20 mg/dm³ (**Tabelas 2 e Figura 1**).

Tabela 2 – Valores médios de altura, diâmetro do caule (colo), comprimento da raiz e número de folhas das mudas de *E. urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de Zn via solo.

Tratamento (doses/mg/dm ³)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Comprimento da raiz (cm)	Número de folhas/planta
0	20,28 a	1,40 a	13,35 a	17,14 a
2,5	16,57 a	1,48 a	10,28 ba	17,28 a
5	17,14 a	1,34 a	9,85 b	20,00 a
10	17,28 a	1,48 a	9,85 b	17,00 a
20	21,50 a	1,94 a	10,14 ba	23,71 a
Média	18,55	1,53	12,83	19,03
CV%	20,99	21,24	30,51	39,74

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Regressão.
Fonte: elaborada pela autora(2022).

Figura 1 – Altura (A), diâmetro do caule (colo) (B), comprimento da raiz (C) e número de folhas (D) em função das diferentes doses utilizadas via solo em mudas de *E. urophylla*



Fonte: elaborada pela autora(2022).

A **Figura 1 (A)** mostra uma redução da altura das mudas quando foram submetidas à dose 2,5 mg/dm³ de Zn via solo, voltando a ter um leve aumento a partir da dose de 5 mg/dm³ e atingindo a máxima altura na dose de 20 mg/dm³ mesmo não apresentando diferença significativa em relação as mudas que não receberam Zn via solo.

Em relação ao diâmetro do caule e número de folhas, a **Figura 1 (B e D)** mostra uma resposta positiva e linear a partir da dose de 10 mg/dm³ de Zn aplicada via solo, sendo que as mudas submetidas a dose de 20 mg/dm³ apresentaram os melhores resultados nestas duas variáveis avaliadas mesmo não diferindo de forma significativa.

Natale et al. (2004), avaliando os efeitos da aplicação de cinco doses 0, 2, 4, 6 e 8 mg/dm³ de Zn no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro cultivadas em substrato de um Latossolo Vermelho distrófico verificaram efeito positivo e significativo nas doses de Zn sobre o diâmetro do caule e altura em mudas de maracujazeiro conforme o aumento das doses.

Silva et al. (2015) avaliando a acumulação e translocação de Zn em mudas de espécies do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* aplicado via solo, verificaram que *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* manifestaram redução de 32, 30 e 93% do volume radicular conforme o aumento de doses de Zn fornecidas, porém a redução foi ocasionada pelo efeito tóxico de altas doses que variaram de 140 a 980 mg/kg de solo 280.

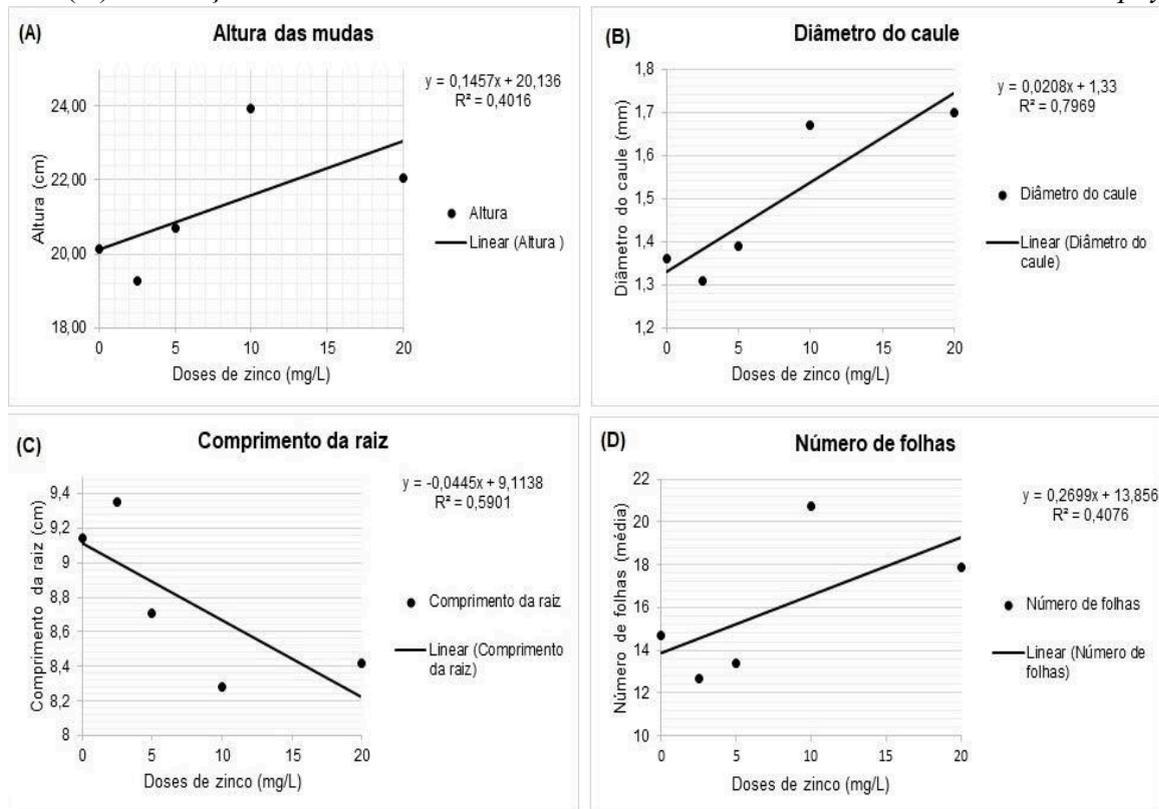
Em mudas que receberam aplicações via foliar o crescimento e desenvolvimento em altura, comprimento de raiz e número de folhas não apresentaram diferenças significativas nos resultados conforme o aumento das doses de Zn aplicadas, porém apresentaram diferenças significativas no diâmetro do caule, sendo que plantas que receberam as maiores doses, 10 e 20 mg/L, apresentaram maior diâmetro de caule.

Tabela 3 – Valores médios de altura, diâmetro, comprimento da raiz e número de folhas das mudas de *E.urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de Zn via foliar.

Tratamentos (doses/mg/L)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Comprimento da raiz (cm)	Número de folhas/planta
0	20,14 a	1,36 ba	9,14 a	14,71 a
2,5	19,28 a	1,31 b	9,35 a	12,71 a
5	20,71 a	1,39 ba	8,71 a	13,42 a
10	23,92 a	1,67 ba	8,28 a	20,71 a
20	22,07 a	1,70 a	8,42 a	17,85 a
Média	21,22	1,49	8,85	15,88
CV%	16,58	16,43	16,20	36,18

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Regressão. Fonte: elaborada pela autora(2022).

Figura 2 - Altura (A), diâmetro do caule (colo) (B), comprimento da raiz (C) e número de folhas (D) em função das diferentes doses de Zn utilizadas via foliar em mudas de *E. urophylla*.



Fonte: elaborada pela autora(2022).

Pela análise das regressões **Figura 2 (A e D)** pode-se observar que apesar da altura e número de folhas não apresentarem diferenças significativas nos resultados, houve um aumento positivo e linear nas doses de 5, 10 e 20 mg/L, mudas que receberam dose de 10 mg/L apresentaram os melhores resultados. Na maior dose de Zn, 20 mg/L, as mudas apresentaram decréscimo na altura e número de folhas em relação a dose de 10 mg/L, porém não mostraram sintomatologia de toxidez conforme citado por Malavolta et al. (1997), que se caracteriza por clorose geral com pigmentos pardo-avermelhados

O diâmetro do caule teve um aumento positivo e linear nas doses de 5, 10 e 20 mg/L, sendo que mudas que receberam a dose de 20 mg/L tiveram maior ganho, **Figura 2 (B)**. O comprimento da raiz teve uma resposta negativa e linear a partir da dose de 5 mg/L, **Figura 2 (C)**. A redução do comprimento da raiz pelo aumento das doses de Zn pode estar relacionada à perturbação dos processos fisiológicos das mudas, sendo que de acordo com Hooda (2010), esta perturbação afeta a mitose e favorece a morte celular das raízes causando redução do desenvolvimento radicular.

O acúmulo em massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total não apresentaram diferenças estatística no tratamento via solo com diferentes doses utilizadas de Zn (Tabela 4).

Tabela 4– Média em massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total das mudas de eucalipto *Urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de Zn via solo.

Tratamentos (doses/mg/dm ³)	Massa seca parte aérea (g)	Massa seca raiz (g)	Massa seca total (g)
0	0,33 a	0,15 a	0,49 a
2,5	0,30 a	0,15 a	0,45 a
5	0,36 a	0,16 a	0,53 a
10	0,35 a	0,15 a	0,50 a
20	0,48 a	0,17 a	0,66 a
Média	0,36	0,16	0,53
CV%	42,75	41,51	39,49

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Regressão. Fonte: elaborada pela autora(2022).

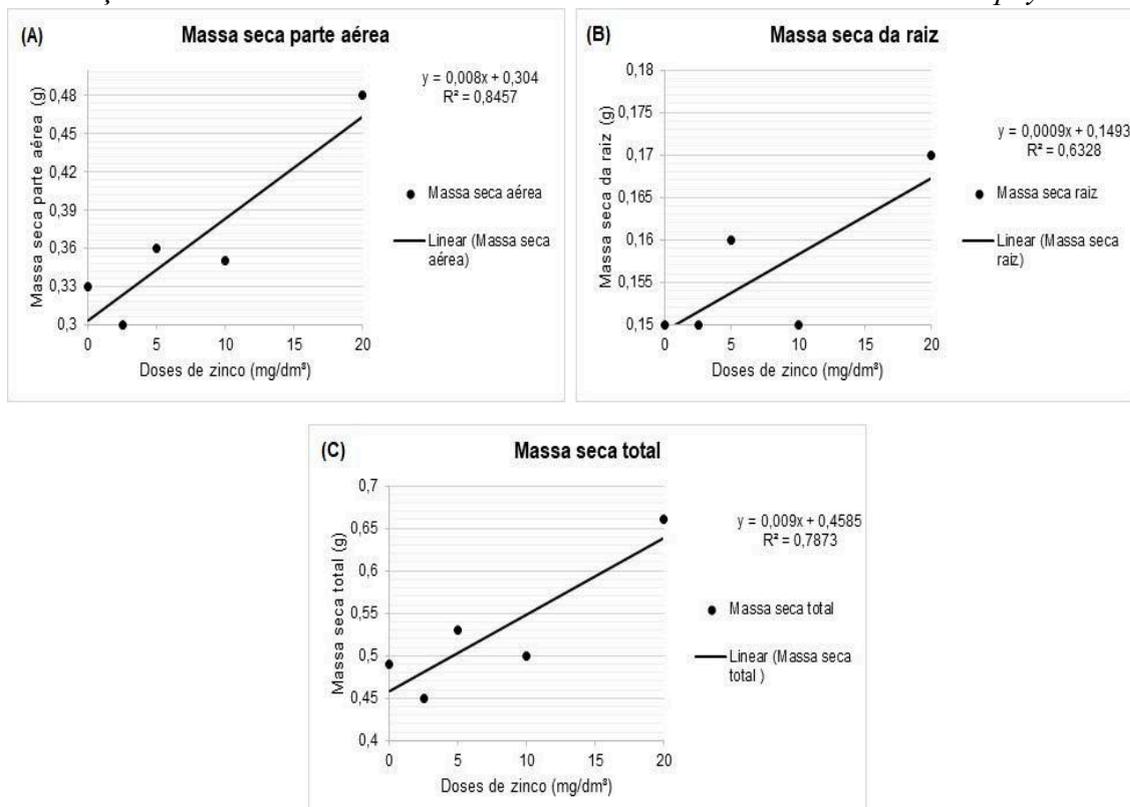
Rodrigues et al. (2012) em um estudo semelhante a este, verificaram que não houve influência positiva na matéria seca da parte aérea das mudas de eucalipto sob diferentes doses de Zn via solo. Resultado semelhante foi encontrado por Couto et al. (1985), cultivando mudas de eucalipto em casa de vegetação utilizando 12 tipos de solos do Cerrado com baixos teores de Zn, não tendo resposta positiva na matéria seca da parte aérea das mudas que receberam doses crescentes que variavam de 0 a 64 mg/dm³ de zinco.

Silva (2015), avaliando a acumulação e translocação de Zn em mudas de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* verificaram redução na massa seca da parte aérea com o aumento de doses de Zn fornecidas via solo, sendo que as mesmas variaram de 0 a 980 mg/dm³. Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2001) em mudas de *E. maculata* e *E. urophylla* em solo contaminado com Zn e por Ramos et al. (2009) em cultivo de *E. urophylla* em solução nutritiva com doses crescentes do metal, porém tais resultados foram encontrados em mudas submetidas a altas doses de Zn.

Entretanto, Natale et al. (2004) observaram que a matéria seca da parte aérea e das raízes em mudas de maracujazeiro foi afetada de forma positiva devido aos incrementos promovidos nas características de desenvolvimento (diâmetro do caule, altura e área foliar). Grunes et al. (1961) também observaram efeitos positivos da aplicação de Zn no crescimento da parte área e no sistema radicular em diversas espécies de plantas, sendo que este efeito positivo pode estar relacionada à função do Zn na síntese de auxina a qual estimula o desenvolvimento e o alongamento das partes jovens da plantas (Malavolta, 2006).

Os resultados positivos encontrados por Natale et al. (2004) e Grunes et al. (1961) evidenciam os resultados encontrados quando analisa-se os gráficos de regressão gerados a partir dos resultados obtidos na massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total na **Figura 3 (A) (B) e (C)**, apesar de não haver diferenças significativas dos dados pode-se observar um aumento positivo na dose de 20 mg/dm³ em relação às menores doses utilizadas.

Figura 3 – Massa seca da parte aérea (A), massa seca da raiz (B) e massa seca total (C) em função das diferentes doses de Zn utilizadas via solo em mudas de *E. urophylla*.



Fonte: elaborada pela autora(2022).

No tratamento via foliar, houve diferença significativa nos resultados obtidos na massa seca da parte aérea e na massa seca total conforme as diferentes doses de Zn utilizadas. Na massa seca da parte aérea, as doses de 10 e 20 mg/L de Zn apresentaram maiores ganhos de massa. As doses de 5, 10 e 20 mg/L de Zn apresentaram os melhores resultados em relação a massa seca total, sendo que a dose de 20 mg/L foi a que proporcionou maior ganho de massa, **Tabela 5 e Figura 4**.

Segundo Rodrigues et al. (2012), para obtenção de ganhos de matéria seca da parte aérea, uma das condições necessárias é um aumento significativo na quantidade de

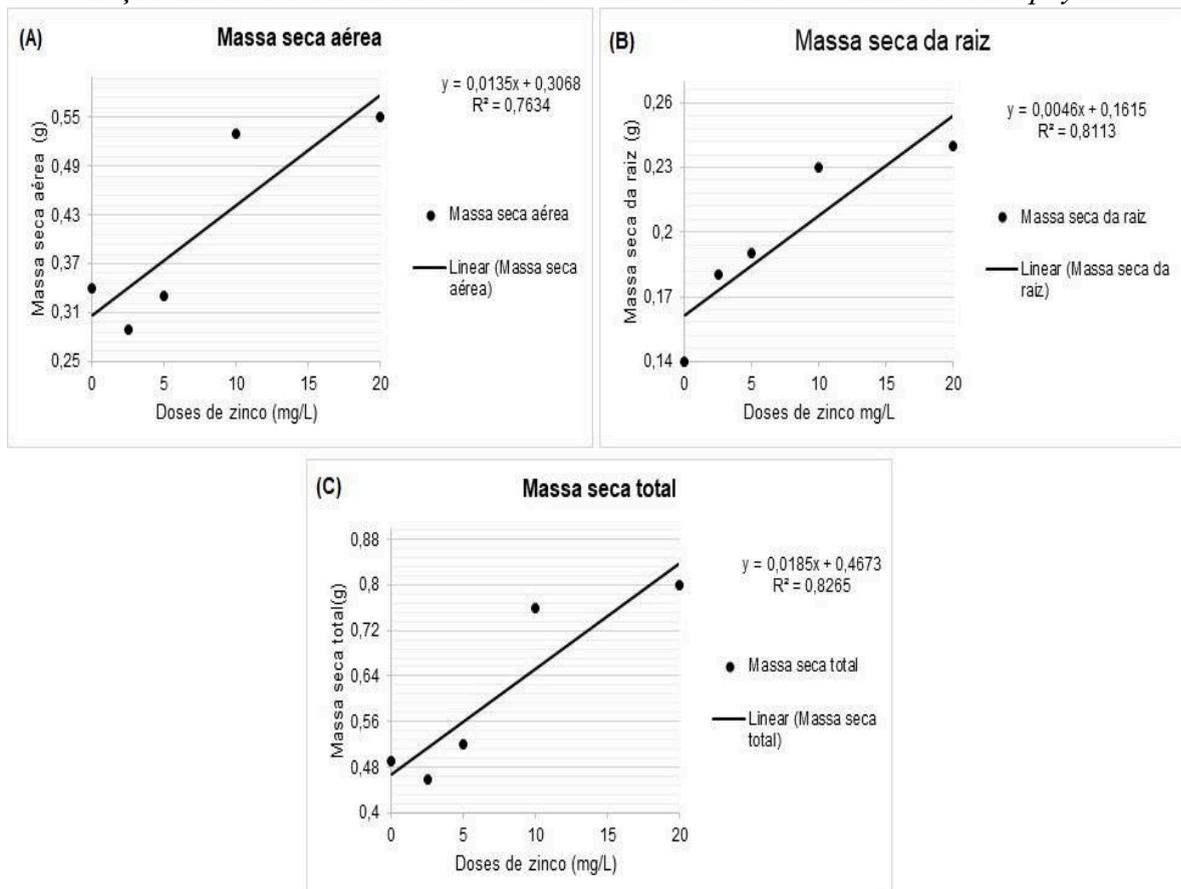
determinado nutriente absorvido e que fará parte da constituição da matéria seca adicionalmente produzida.

Tabela 5– Média em massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total das mudas de *E. urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de Zn via foliar.

Tratamentos (doses/mg/L)	Massa seca parte aérea (g)	Massa seca raiz (g)	Massa seca total (g)
0	0,34 cba	0,14 a	0,49 b
2,5	0,29 c	0,18 a	0,46 b
5	0,33 cb	0,19 a	0,52 ba
10	0,53 ba	0,23a	0,76 ba
20	0,55 a	0,24 a	0,80 a
Média	0,41	0,20	0,61
CV%	33,73	38,19	32,35

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Regressão. Fonte: elaborada pela autora(2022).

Figura 4 – Massa seca da parte aérea (A), massa seca da raiz (B) e massa seca total (C) em função das diferentes doses de Zn utilizadas via foliar em mudas de *E. urophylla*.



Fonte: elaborada pela autora(2022).

Em relação a massa seca da raiz, na **Figura 4 (B)** mostra que apesar dos resultados não diferirem de forma significativa, pode-se observar um aumento linear e positivo conforme o aumento das doses de Zn fornecidas às mudas. Fazendo uma comparação com o comprimento

da raiz onde houve uma redução deste com o aumento das doses de Zn aplicadas via solo e via foliar, **Figura 1 (C) e Figura 2 (C)**, apesar desta redução, houve um aumento no volume do sistema radicular das mudas.

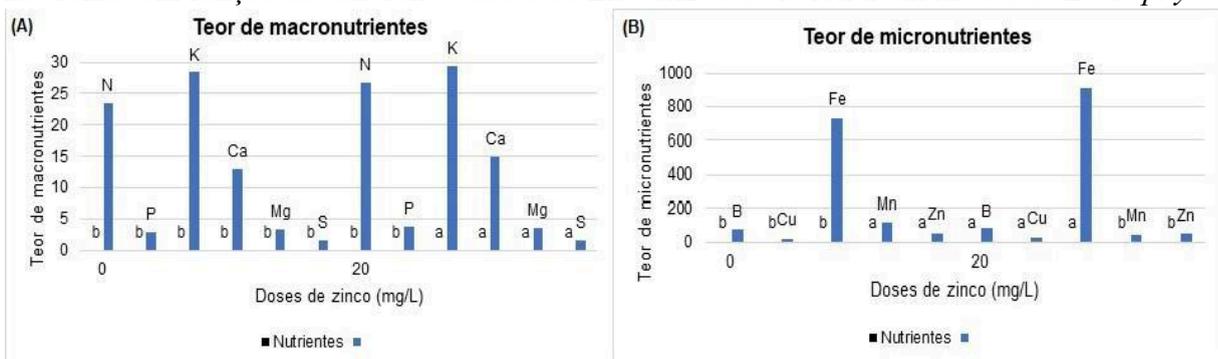
Efeitos positivos da aplicação de Zn foram encontrados também por Lopes (2000) e Oliveira Júnior et al. (1994) em mudas de maracujazeiro cultivadas em Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo, onde os autores indicam a necessidade de adubação com zinco para a formação de mudas.

Teor de nutrientes nas folhas

A absorção dos nutrientes foi alterada quando as mudas de eucalipto foram submetidas a diferentes doses de zinco e modo de aplicação, tanto via foliar como via solo (**Figura 5 e 6**).

Quando submetidas à dose de 20 mg/L via foliar houve um aumento significativo no teor de macro e micronutrientes nas folhas comparadas às folhas de mudas que não receberam zinco via foliar, exceto o manganês e Zn que apresentaram teores mais elevados em mudas que não receberam Zn via foliar (**Figura 5**).

Figura 5 – Teores de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função das diferentes doses de Zn utilizadas via foliar em mudas de *E. urophylla*.



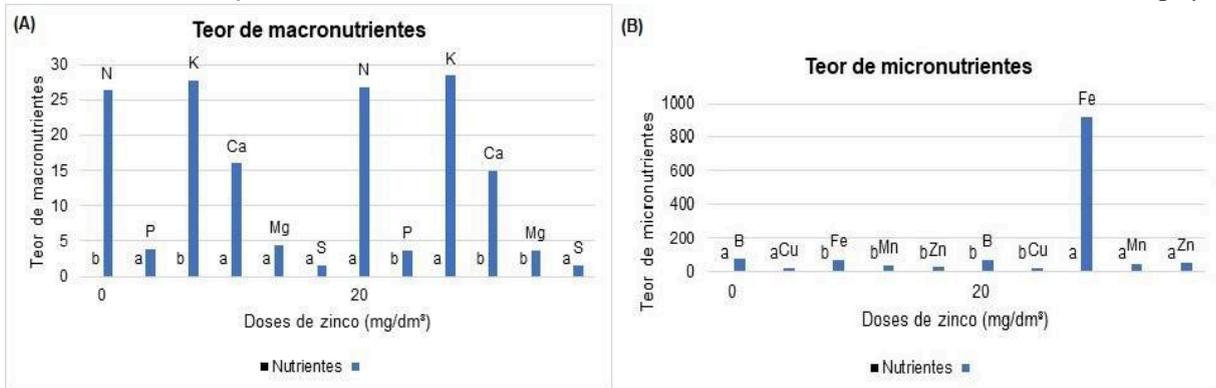
Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: elaborada pela autora(2022).

O aumento do teor de macro e alguns micronutrientes nas folhas de mudas submetidas à dose de 20 mg/L via foliar pode estar relacionado ao aumento do índice de área foliar destas mudas, sendo que quando se avaliou o ganho de massa seca da parte aérea de mudas submetidas a mesma dose, estas apresentaram um maior ganho de massa da parte aérea.

Mudas que receberam dose de Zn de 20 mg/dm³ via solo apresentaram um aumento significativo apenas no teor de nitrogênio, potássio, ferro, manganês e Zn nas folhas.

Contrastando com mudas que não receberam Zn, o teor foliar de fósforo, cálcio, magnésio, boro e cobre reduziu significativamente (**Figura 6**).

Figura 6 – Teores de macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função das diferentes doses de zinco utilizadas via solo em mudas de *E. urophylla*.



Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: elaborada pela autora(2022).

A redução do teor de fósforo nas folhas de mudas que receberam uma maior dose de Zn via solo pode estar relacionada ao aumento na disponibilidade deste elemento no solo gerando com isto uma competição com o fósforo pelo mesmo sítio ativo de absorção, onde segundo Malavolta (2006) o aumento de Zn no solo pode reduzir o teor de fósforo e assim vice-versa. Ainda segundo o mesmo autor, o aumento na concentração de Zn na solução nutritiva do solo pode reduzir o teor de Cálcio e Magnésio na mesma, confirmando o resultado encontrado em mudas que receberam a maior dose de Zn (20 mg/dm³) no solo, onde apresentaram redução no teor de cálcio e magnésio nas folhas.

Duarte et al. (2014), avaliando o estado nutricional do eucalipto em função de diferentes doses de zinco em solo do Cerrado aplicadas no sulco de plantio, verificaram que o aumento das doses de Zn teve influência nas concentrações foliares de Enxofre, Zn e Ferro. As concentrações foliares de N, P, K, Ca e Mg ficaram dentro dos teores considerados ideais para a fase inicial do desenvolvimento do eucalipto, exceto o enxofre que ficou um pouco abaixo. As concentrações de B estava acima da teor considerado adequado e o Cu, Mn e Ferro ficou dentro da faixa de indicação ideal.

Natale et al. (2004), observaram que a aplicação de Zn via solo não alterou os teores de macronutrientes e de Mn na parte aérea de mudas de maracujazeiro cultivadas em um Latossolo Vermelho Distrófico. Já os teores de B, Cu e Fe diminuíram e o Zn aumentou conforme o aumento das doses de zinco.

No caso das aplicações de Zn via solo e via foliar nas mudas de eucalipto, as maiores doses, 20 mg/dm³ e 20 mg/L, proporcionaram um aumento do teor de Fe nas folhas. No caso do B e Cu, nas mudas que receberam apenas aplicações de Zn via solo os teores foliares tiveram uma redução na dose de 20 mg/dm³. Já as mudas que receberam aplicações via foliar na dose de 20 mg/L tiveram um aumento nos teores foliares de B e Cu. No caso do Zn, mudas que receberam apenas aplicações de Zn via solo tiveram um aumento no teor foliar do elemento na maior dose e mudas que receberam aplicações via foliar tiveram uma redução.

Trocas gasosas

Em relação às avaliações de trocas gasosas realizadas em mudas submetidas a diferentes doses de Zn via solo, os resultados obtidos não apresentaram alterações significativas na concentração interna de carbono nas mudas, na condutância estomática, na transpiração e na taxa de fotossíntese líquida (**Tabela 6**).

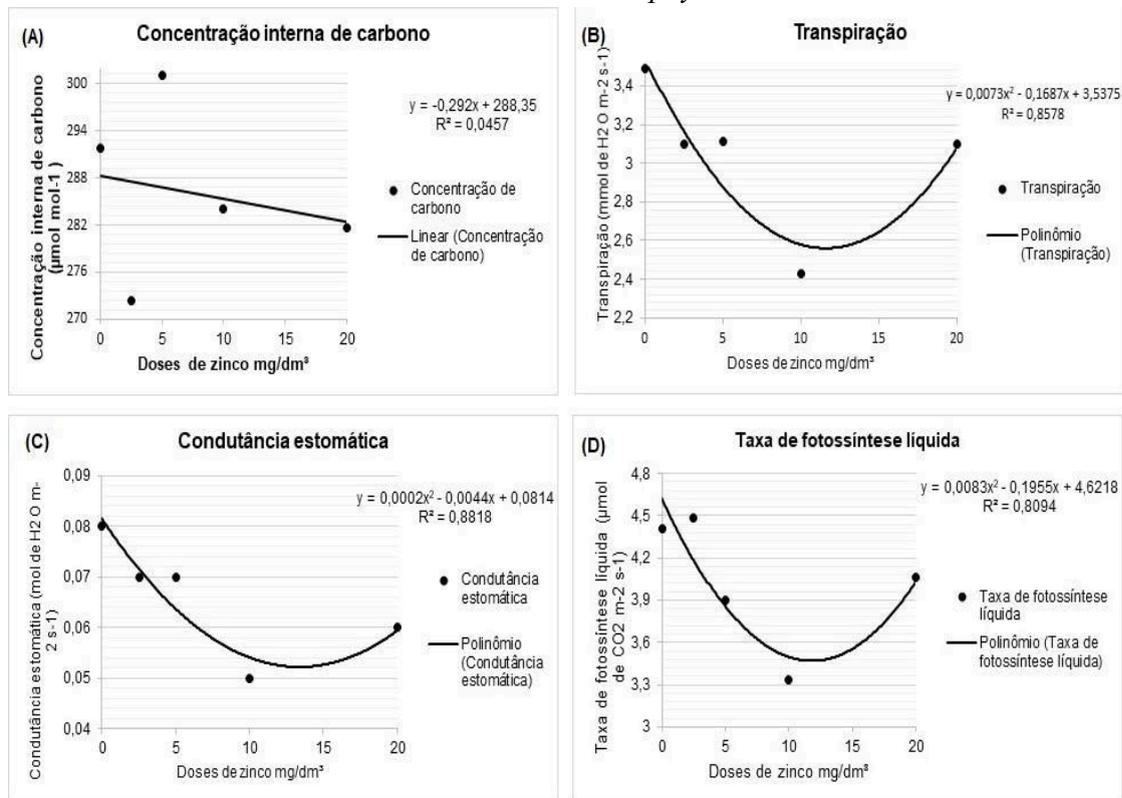
Tabela 6 – Concentração interna de carbono (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A) em mudas de eucalipto *Urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de Zn via solo.

Tratamentos (doses mg/dm ³)	Ci (μmol mol ⁻¹)	E (mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	gs (mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
0	291,80 a	3,49 a	0,08 a	4,41 a
2,5	272,40 a	3,10 a	0,07 a	4,48 a
5	301,00 a	3,11 a	0,07 a	3,90 a
10	284,00 a	2,43 a	0,05 a	3,33 a
20	281,60 a	3,10 a	0,06 a	4,06 a
Média	286,16	3,05	0,06	4,04
CV%	12,16	39,57	45,30	45,73

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Regressão. Fonte: elaborada pela autora(2022).

Conforme resultados obtidos através da análise de variância e pelo teste de regressão pelo modelo linear e quadrático, observa-se uma resposta negativa ao aumento das doses de Zn fornecidas via solo na concentração interna de carbono, na condutância estomática, na transpiração e na taxa de fotossíntese líquida (**Figura 7**).

Figura 7 – Concentração interna de carbono (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de fotossíntese líquida (A) em função das diferentes doses de Zn utilizadas via solo em mudas de *E. urophylla*.



Fonte: elaborada pela autora(2022).

Nas avaliações de trocas gasosas realizadas em mudas submetidas a diferentes doses de Zn via foliar, a condutância estomática, a transpiração e a taxa de fotossíntese líquida não sofreram alterações significativas quando submetidas a diferentes tratamentos (**Tabela 7**).

Tabela 7 – Concentração interna de carbono (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A) em mudas de *E. urophylla* aos 80 dias, submetidas a diferentes doses de zinco via foliar.

Tratamentos (doses mg/L)	Ci ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	E (mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	Gs (mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	A ($\mu\text{mol de CO}_2$ m ⁻² s ⁻¹)
0	295,60 ba	3,28 a	0,05 a	2,75 a
2,5	285,20 ba	2,50 a	0,05 a	3,31 a
5	274,20 b	2,33 a	0,06 a	4,74 a
10	281,20 ba	1,77 a	0,03 a	1,85 a
20	325,60 a	3,99 a	0,08 a	3,41 a
Média	292,36	2,77	0,05	3,21
CV%	8,62	48,11	52,01	49,97

Nota: Letras minúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Regressão. Fonte: elaborada pela autora(2022).

Teixeira et al. (2013) em um trabalho avaliando a massa seca e taxa fotossintética de eucalipto sob doses crescentes de Zn, observou uma redução desta taxa quando as plantas

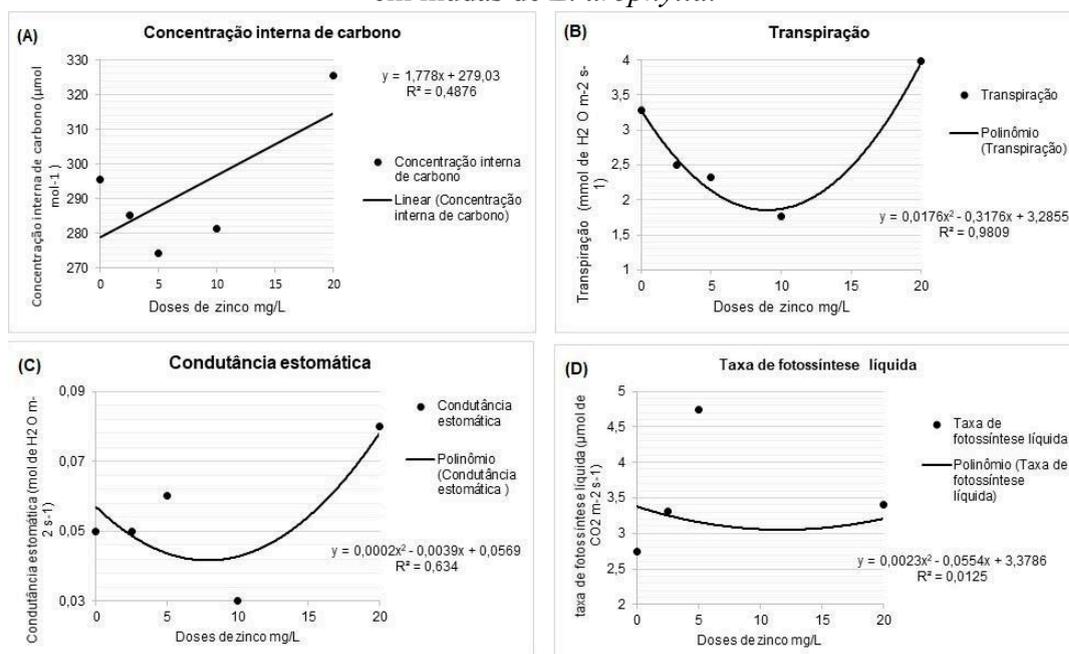
foram submetidas a doses crescentes de zinco comparadas às plantas com tratamento controle, porém esta diminuição da taxa está relacionada às altas doses utilizadas, que no caso foram de 300, 450 e 900 mg/kg¹. A dose de 900 mg/kg¹ foi considerada letal às plantas.

A concentração interna de carbono apresentou diferença significativa nos resultados quando submetidos a diferentes tratamentos, sendo que mudas que receberam a dose de 20 mg/L apresentaram maiores concentrações internas de carbono (**Tabela 7**).

De acordo com Taiz e Zeiger (2006), a concentração interna de carbono (CO₂) tem sua importância devido a relação que possui com a produtividade da planta, sendo que esta pode ser analisada como o produto da energia solar interceptada e do CO₂ capturado durante um determinado período. Concentrações mais altas de CO₂ apresentam taxas fotossintéticas elevadas quando na presença de quantidade ideal de luz e na ausência de estresse, tal como déficit hídrico, enquanto que concentrações internas de CO₂ muito baixas, a fotossíntese fica limitada.

Conforme resultados obtidos pela análise de variância e regressão linear e quadrática, pode-se observar que apesar de não ter diferença significativas nos dados avaliados, a concentração interna de CO₂, a transpiração e a condutância estomática tiveram um aumento positivo na dose de 20 mg/L em relação às menores doses de Zn utilizadas. A taxa de fotossíntese líquida também teve um aumento positivo na dose de 5 mg/L mesmo não tendo diferenças significativas nos dados avaliados (**Figura 8**).

Figura 8 – Concentração interna de carbono (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de fotossíntese líquida em função das diferentes doses de Zn utilizadas via foliar em mudas de *E. urophylla*.



Fonte: elaborada pela autora(2022).

Conclusão

As mudas de *Eucalyptus urophylla* mesmo não apresentando diferenças significativas estatisticamente nos dados obtidos, parte das variáveis avaliadas apresentaram resposta positiva à aplicação de Zn conforme resultados de regressão linear e quadrática gerados, principalmente nas doses de 10 e 20 mg/L e 10 e 20 g/dm³.

As mudas de *E. urophylla* cultivadas em substrato com baixo teor de Zn podem apresentar resposta positiva à aplicação de zinco.

Diante de algumas variáveis avaliadas, altura, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da raiz, massa seca parte aérea, massa seca total, transpiração, condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida as quais apresentaram uma grande diferença nas médias dos dados obtidos, porém não tiveram diferenças significativas estatisticamente, surge a necessidade de realizar novo experimento para a realizar novas avaliações.

Referências

AGÊNCIA BRASIL. **Florestas plantadas no Brasil somam 9,3 milhões de hectares em 2020**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/florestasplantadasnobrasilsomam93milhoesdehectaresem2020#:~:text=A%20%C3%A1rea%20estimada%20de%20florestas,para%20fins%20comerciais%20no%20pa%C3%ADs>.

CIB. **Guia do eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Conselho de informações sobre biotecnologias. 2015. Disponível em:

http://avamflora.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Guia_do_Eucalipto.pdf.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia, GO. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5a Aproximação**. Informativo técnico UFG/EMG, Goiânia-GO, 1988. Disponível em:

http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/RECOMENDACOES_DE_CORRETIVOS_E_FERTILIZANTES_PARA_GOIAS.pdf. Acesso em 04 de março de 2022.

COUTO, C. et al. **Resposta do eucalipto à aplicação de zinco em amostras de solos de cerrado**. R. Árvore, vol. 9, pág.134-148, 1985.

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; XU, D. AND GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. 2nd edition. Canberra, ACIAR Monograph, 2001. Disponível em:https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/23819/1/nutrient_disorders_in_plantation_eucalypts.pdf.

DUARTE, G. T. et al. **Estado nutricional do eucalipto em função de doses de zinco em solo de cerrado**. Fertibio. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Araxá _MG, 2014.

Disponível em:

http://www.eventosolos.org.br/fertbio2014/anais/arquivos_anais/502.Image.Marked.pdf. Acesso em 15 de março de 2022.

EMBRAPA CERRADOS. **Instruções para a produção de mudas de eucalipto na propriedade rural**. Comunicado Técnico nº 72, 1997. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/553061/1/comtec72.pdf>. Acesso em 03 de março de 2022.

GRUNES, D. L. et al. **Zinc deficiency of corn and potatoes, as related to soil and plant analysis**. *Agronomy Journal*, vol. 53, pág. 68-71.1961. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1961.00021962005300020002x>.

HOODA, P. S. **Trace elements in soils**. United Kingdom: WileyBlackwell, ed. 1, pág. 616. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/978144431947>.

LOPES, P. S. N. **Micronutrientes em plantas juvenis de maracujazeirodoce (Passiflora alata Dryand)**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras -MG, pág. 111. 2000.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, pág. 319. 1997.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres. São Paulo, 2006.

MARCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, pág.888. 1995.

MELOTTO, ALEX MARCEL et. al. **Espécies florestais em sistemas de produção em integração**. Embrapa. 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/938917/especies-florestais-em-sistemas-de-producao-em-integracao>.

MORA, A. L. & GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo. 2000. Disponível em: <http://atividadarural.com.br/artigos/50ec5305728a6.pdf>. Acesso em 01/02/2022.

MORAES NETO, S. P. de. **O eucalipto no Cerrado do DF: plantio puro e sistema agrossilvipastoril**. 2008. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/eucalipto/index.htm.

NATALE, W. et al. Efeitos da aplicação de zinco no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v. 26, n. 2, pág. 310-314, 2004.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. et al. **Efeito da omissão de B, Cu, Mo e Zn no substrato para formação de mudas de maracujazeiro-amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa Deneger)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina, Anais... Viçosa: SBCS, pág. 426-427.1994.

RAMOS, S. et al. **Uso do silício na redução da toxidez de zinco em mudas de eucalipto**. Interciencia, vol.34, pág.189-194, 2009.

REIS, C. A. F. et al. **Contribuições das pesquisas com eucaliptos para a expansão de fronteiras das florestas plantadas brasileiras**. Embrapa Florestas, 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131880>.

RODRIGUES, F. A. V. et al. Disponibilidade de zinco para mudas de eucalipto em solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa –MG, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zhGBWbr8VsGDmKqPTQc5BDm/?lang=pt>. Acesso em 01/02/2022.

SARCINELLI, T. S.; RIBEIRO JÚNIOR, E. S.; DIAS, L. E.; LYNCH, L. S. 2004. **Nutrient deficiency symptoms in seedlings of *Acacia holosericea* in response to the omission of macronutrients**. *Árvore* 28, vol. 2, pág. 173-181.

SILVA, R. F. DA. Acumulação e translocação de zinco em mudas de espécies do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. vol.19, n.11, pág.1114–1120, 2015.

SILVEIRA, R. L. V. DE A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba -SP, 2000.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SOARES, C. R. F. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.36, pág. 339-348, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200018>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, ed. 3, pág. 174-219, 2006.

TEIXEIRA, R. A. et al. **Massa seca e taxa fotossintética de eucalipto sob doses crescentes de zinco**. XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Florianópolis – SC, 2013.

WENDLING, I. et al. **Produção de mudas de eucalipto**. Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/351128511>.

3 PREFERÊNCIA DE CORTE DA FORMIGA-CORTADEIRA *Atta sexdens* POR MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ZINCO.

Resumo

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta*, também conhecidas como saúvas, são consideradas pragas na silvicultura, em diversas culturas agrícolas, e também nas pastagens, causando grandes prejuízos. Os elementos minerais têm grande importância no aumento de produção e produtividade das culturas e estão envolvidos com o mecanismo de defesa e tolerância das plantas ao ataque de pragas e doenças, quando corretamente balanceados nos solos. Objetivou-se com este estudo avaliar a preferência de corte das formiga-cortadeiras *Atta sexdens* por mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes doses de zinco (Zn) cultivadas em um Latossolo Vermelho Distrófico do Cerrado. As doses de zinco fornecidas foram de 0 (testemunha) e de 20 mg/dm³ via solo mais 20 mg/L via foliar, na forma de sulfato de zinco. As mudas utilizadas foram conduzidas em casa de vegetação até os 80 dias e depois submetidas a avaliação em laboratório. As folhas das mudas tratadas com diferentes doses de Zn foram oferecidas em placas de Petri a três colônias de formigas de ninhos artificiais de *A. sexdens* em laboratório com livre chance de escolha entre os tratamentos. Avaliou-se a porcentagem de tecido foliar cortado e transportado até os ninhos durante 20 minutos entre as diferentes doses e colônias, sendo que foram feitas quatro ofertas sequências de folhas. Através dos dados obtidos, observou-se que não houve preferência de corte pelas folhas de mudas de eucalipto tratadas com diferentes doses Zn pelas colônias de formigas-cortadeiras *Atta sexdens*.

Palavras-chaves: Formicidae; Colônias; Nutrição de plantas.

Abstract

Leaf-cutting ants of the genus *Atta*, also known as leaf-cutting ants, are considered pests in forestry, in various agricultural crops, and also in pastures, causing great damage. Mineral elements are of great importance in increasing crop production and productivity and are involved in the defense mechanism and tolerance of plants to pest and disease attacks, when properly balanced in the soil. The objective of this study was to evaluate the cutting preference of leaf-cutting ants *Atta sexdens* for *Eucalyptus urophylla* seedlings submitted to

different doses of zinc (Zn) cultivated in a Dystrophic Cerrado Latosol. The doses of Zn provided were 0 (control) and 20 mg/dm³ plus 20 mg/L via foliar, in the form of zinc sulfate. The seedlings used were kept in a greenhouse for up to 80 days and then submitted to laboratory evaluation. The leaves of seedlings treated with different doses of zinc were offered in Petri dishes to three colonies of ants from artificial nests of *A. sexdens* in the laboratory with free choice between treatments. The percentage of leaf tissue cut and transported to the nests was evaluated for 20 minutes between different doses and colonies, and four sequential offers of leaves were made. Through the data obtained, it was observed that there was no preference for cutting the leaves of eucalyptus seedlings treated with different doses of Zn by the colonies of leaf-cutting ants *A. sexdens*.

Keywords: Formicidae; Colonies; Plant nutrition.

Introdução

As formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, também conhecidas como saúvas e quenquéns, pertencem aos principais grupos de pragas de espécies florestais no Brasil. Provocam grande desfolha nas plantas atacadas, redução do crescimento e perda de produtividade no caso da madeira e dependendo da frequência do ataque podem levar à morte, além de reduzir a resistência ao ataque de outras pragas e ao aumento da suscetibilidade de doenças devido a entrada de patógenos pelos danos provocados. (Anjos et al., 1993; Boaretto & Forti, 1997; Zanetti, 2007).

Os ganhos em produtividade de madeira de eucalipto podem ser afetados por *Atta spp.* por meio da desfolha das plantas e, dependendo da severidade do ataque e da densidade dos ninhos, pode haver queda na produção de madeira em até 50%. Numa densidade de quatro saúvas adultos por hectare (três anos de idade) tem-se o consumo de quatro toneladas de folhas, correspondendo a 344 árvores de eucalipto. Um saúva adulto possui necessidade de uma tonelada de folhas por ano, correspondendo a 86 árvores de eucalipto (Amante, 1967; Mendes Filho, 1979).

As formigas-cortadeiras apresentam alto potencial de desfolhamento e seu controle gera um alto custo ao produtor. Atualmente, o método mais utilizado para o controle das formigas é por meio do uso de produtos químicos. No entanto, por causarem a contaminação do meio ambiente e atingirem organismos não-alvos, tem-se buscado novas técnicas de

manejo que auxiliem no controle das formigas e reduzam os impactos ao meio ambiente (Forti & Boaretto, 1997).

A nutrição das plantas tem um papel de grande importância, pois tem um efeito direto no aspecto físico e bioquímico da planta. Na tentativa de esclarecer a função dos nutrientes no metabolismo dos vegetais e na resistência ao ataque de pragas e doenças, estudos vêm sendo realizados sobre a relação do balanço nutricional e seu efeito benéfico às plantas no que tange ao ataque de pragas. Uma das principais teorias, conhecidas atualmente, é a teoria da trofobiose, a qual diz sobre o efeito nutrição e sua relação com ataques de insetos (Marschner, 1995; Chaboussou, 1999; Epstein & Arnold, 2004;).

O Zn é responsável pela biossíntese de triptofano que é um precursor do fitormônio ácido indolacético, o qual atua diretamente na divisão celular e no crescimento das plantas, aumentando a eficiência da água e dos nutrientes. Plantas de eucalipto com deficiência de Zn geralmente apresentam atrofiamento e as folhas são pequenas e aglomeradas. Em *E. urophylla*, folhas ainda em crescimento apresentam inicialmente clorose internerval, podendo surgir áreas com coloração arroxeadas e com o agravamento da deficiência, as folhas podem reduzir de tamanho e os entrenós encurtam, pontas das folhas e as manchas no tecido internerval podem torna-se necróticas (Marschner, 1995; Dell et al., 2001).

Segundo a teoria, o estado nutricional da planta pode determinar a resistência ou suscetibilidade ao ataque de pragas e patógenos. A resistência pode ser aumentada por meio de mudanças na anatomia foliar (células epidérmicas mais espessas e maior grau de lignificação ou silicificação) e em mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, com maior produção de substâncias repelentes ou inibidoras (Zambolim, 2012).

O Zn é um nutriente que tem relatos na literatura no controle do fungo simbionte das formigas-cortadeiras *Atta sexdens*, além de outros relatos na redução do ataque de broca-do-colmo em milho com a nutrição adequada de zinco às plantas.

As espécies lenhosas perenes direcionam mais energia na produção de compostos de defesa, conhecidas como substâncias secundárias, as quais possuem a função de aumentar a capacidade de defesa da planta contra o ataque de pragas e doenças, entretanto, a capacidade de defesa das plantas pode ser modificada quando passam por estresses hídricos ou nutricionais (falta ou excesso). O estado nutricional da planta e sua resistência ao ataque de pragas variam de acordo com o tipo e quantidade do nutriente a ser considerado (Fenny, 1976; Rhoades & Cates, 1976; Chew & Roadman, 1979).

As formigas-cortadeiras realizam o forrageamento através de estímulos do meio, tais como os odores exalados pelas plantas através de substâncias voláteis e que são captadas

pelas formigas operárias e interceptadas pelas antenas. Apesar de não haver um esclarecimento preciso de como ocorre a seleção dos vegetais pelas formigas-cortadeiras, estudos citam a escolha pela qualidade nutritiva para os insetos ou para o fungo simbiote que se alimentam, além de citar as substâncias de defesas químicas contidas nas plantas bem como seu teor de água (Anjos et al., 1998; Ribeiro & Marinho, 2011; Bueno & Bueno, 2011).

Diante disto, objetivou-se com este trabalho avaliar a preferência de corte das formigas-cortadeiras *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) por mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes doses zinco.

Material e métodos

Produção de mudas

As mudas foram produzidas em uma pequena propriedade rural, localizada no município de Paraíso do Tocantins - TO (10°10'20" S; 48°52'52" O), e a avaliação da preferência de corte foi realizada no laboratório de Simbiose Insetos-Microrganismos, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, no período de maio de 2021 a julho de 2021. O solo para a produção do substrato das mudas foi coletado nas camadas mais profundas, 20 a 40 cm, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), com coordenadas latitude 10°6'30,0222" e longitude 48°55'33,82896".

Do solo coletado foi retirada uma amostra de 300 gramas para análise química e seguindo a metodologia do Laboratório de Fertilidade do solo da Embrapa Clima Temperado - RS, foi colocada em um local ventilado à sombra e posteriormente, acondicionada em saco plástico transparente, devidamente identificada e posteriormente enviada ao laboratório Safrar Análises Agrícolas, localizado no município de Patrocínio – MG (**Tabela 1**).

Tabela 1. Características químicas do solo coletado na área.

pH (H ₂ O) ⁽¹⁾	Ca ²⁺ ⁽²⁾		Mg ²⁺ ⁽²⁾	Al ³⁺ ⁽²⁾	H+Al ⁽³⁾	T ⁽⁷⁾	T ⁽⁷⁾	V ⁽⁷⁾	m ⁽⁷⁾
	cmolc dm ³							%	
5,0	0,60		0,30	0,00	4,70	5,7	1,00	17,5	0,00
P meh. ⁽⁴⁾	K ⁺ ⁽⁴⁾	Fe ⁽⁵⁾	Cu ⁽⁵⁾	Mn ⁽⁵⁾	Zn ⁽⁵⁾	B ⁽⁵⁾		M.O ⁽⁶⁾	
	mg dm ³								
1,7	38	18	0,6	2,9	0,7	0,32		1,70	

Nota: pH (H₂O)⁽¹⁾: pH em água⁽¹⁾, ⁽²⁾; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹, ⁽³⁾ H+Al: Solução Tampão SMP a pH 7,5, P e K⁺⁽⁴⁾: extrator Mehlich-1, B: extrator BaCl₂ . 2H₂ O 0,125% à quente, ⁽⁵⁾Cu,Fe,Mn,Zn: extrator: DTPA em pH 7,3, ⁽⁶⁾M.O.: Método colorimétrico, T: CTC pH 7,0, t: CTC efetiva, V%: Saturação por bases, m%: Saturação alumínio. Fonte: elaborado pela autora(2022).

Após a análise química do solo e para composição do substrato foram utilizados 50% do volume do substrato de solo de Cerrado, 30% de esterco bovino curtido e 20% de areia, seguindo a recomendação da Embrapa Cerrado para a produção de mudas de eucalipto (1997) e para adequar o solo de acordo com as exigências nutricionais de mudas de eucalipto, seguiu-se as recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás 5ª aproximação (1988).

As sementes da espécie *E. urophylla* foram adquiridas da empresa NC Aromas, localizada na cidade de São João do Paraíso – MG, e foram semeadas em bandejas florestais de polietileno com o substrato produzido. A fonte de Zn utilizada foi o sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e foram feitas também todas as adequações em relação aos outros nutrientes exigidos para a produção de mudas de eucalipto, seguindo a análise química do solo. As fontes dos demais nutrientes necessários foram: superfosfato simples ($Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4 \cdot 2H_2O$), cloreto de potássio (KCl), ureia (CH_4N_2O), ácido bórico (H_3BO_3) e calcário dolomítico ($CaCO_3$) para o fornecimento de cálcio e magnésio às mudas. Para uma distribuição homogênea dos nutrientes no substrato, realizou-se a diluição de todas as fontes de nutrientes em água e posteriormente efetuou-se a aplicação no substrato.

Após a semeadura as bandejas foram acondicionadas em gaiola com malha de proteção contra insetos, **Figura 1 (A) e (B)**, visando prevenir o ataque da vespa-da-galha *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (2004) (Hymenoptera: Eulophiidae) e evitar possíveis interferências nos resultados obtidos. Foram produzidas mudas sem aplicação de Zn e com aplicação de Zn via solo mais via foliar, sendo uma dose de 20 mg via solo de zinco mais 20 mg via foliar, na escolha das doses e para evitar possíveis intoxicações seguiu-se a metodologia aplicada por Rodrigues et al. (2012).

Figura 1 – Mudanças de *Eucalyptus urophylla* acondicionadas em gaiola com malha de proteção contra insetos (A). Gaiola com malha de proteção contra insetos (B).



Fonte: registro da autora(2022).

A aplicação da dose via foliar de Zn foi aplicada em três parcelas semanais após os 45 dias de emergência das mudas e de acordo com o desenvolvimento da área foliar, sendo que a primeira dose constituiu-se de 20% da dose total a ser aplicada, a segunda dose 30% e a terceira dose de 50%, constituindo assim 100% da dose avaliada no experimento. Para aplicação pulverizada, a diluição do sulfato de Zn foi realizada em água e para melhorar a eficiência de aplicação da solução foi utilizado o óleo vegetal, tendo em vista a alta cerosidade contida na superfície das folhas das mudas de eucalipto.

A aplicação de Zn via foliar teve como objetivo aumentar o teor de Zn nas folhas das mudas de eucalipto, tendo em vista que o forrageamento das formigas-cortadeiras é dependente de diversos fatores e alterações na composição química das folhas poderia influenciar de forma direta neste processo.

Avaliação da preferência de corte pelas formigas-cortadeiras

As mudas foram conduzidas no viveiro até os 80 dias e, em seguida, submetidas ao teste de preferência de corte pelas formigas-cortadeiras no laboratório de Simbiose Insetos-Microrganismos, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Tocantins, Brasil.

Para avaliação da preferência de corte foram utilizadas três colônias de *A. sexdens* mantidas em laboratório com temperatura, umidade relativa e fotoperíodo controlados. Para a alimentação das formigas são fornecidas folhas de *Mangifera indica* L. (mangueira), *Anacardium occidentale* L. (cajuzeiro), *Citrus* sp., bem como aveia em flocos e farelo de trigo. Antes da oferta das folhas das mudas de *Eucalyptus urophylla*, as formigas-cortadeiras não foram alimentadas durante 24 horas, evitando possíveis interferências no forrageamento.

Para a oferta das folhas foram utilizadas placas de Petri onde eram colocadas as folhas e deixadas dentro das colônias para a observação da seleção e preferência de corte dos materiais oferecidos, realizando quatro repetições. No caso, foram colocadas de duas a três folhas nas placas de petri dentro de cada colônia, sendo ambas com folhas de mudas sem aplicação de Zn e com aplicação de Zn de 20 mg/dm³ via solo mais 20 mg/L via foliar, seguindo alguns procedimentos da metodologia aplicada por Marsaro Júnior et al. (2007) (**Figura 2**). Como eram folhas de mudas, não houve escolha para ofertagem em relação a folhas do terço inferior, médio e superior.

Figura 2 – Oferta de folhas de mudas de *Eucalyptus urophylla* que não receberam zinco e que receberam a dose de 20 mg/dm³ mais 20 mg/L via foliar às colônias de formigas-cortadeiras, **A e B.**



Fonte: registro da autora(2022).

O teste de atratividade e preferência de corte foi realizado em dois períodos do dia, das 10:00 às 12:00 h da manhã e das 14:00 às 16:00 h durante dois dias. A escolha dos horários da ofertagem de folhas às colônias foi realizada de acordo com a disponibilidade do avaliador, não tendo influência nos resultados caso a avaliação fosse realizada em outros horários, pois as colônias encontravam-se em ambiente controlado.

Avaliou-se a porcentagem de corte e carregamento dos fragmentos foliares cortados por um período de 20 minutos, tempo necessário para o corte e carregamento total das folhas dos diferentes tratamentos usados na avaliação. Para aplicação de tal metodologia foram feitos testes de oferta com as folhas das mudas de eucalipto antes de iniciar as avaliações, tendo como objetivo a definição do tempo ideal para a escolha do material, corte e carregamento total das folhas ao ninho.

Após o tempo decorrido efetuou-se a pesagem das folhas que restaram nas placas de Petri, e por diferença realizou-se o cálculo da porcentagem de massa consumida por cada colônia. Durante os testes de oferta, as mudas eram mantidas nas mesmas condições de ambiente e dentro do laboratório, porém sem acesso às formigas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade pelo software Sisvar versão 5.8.

Resultados e discussão

As avaliações realizadas mostraram que não houve diferença significativa no forrageamento de folhas de mudas de *Eucalyptus urophylla* tratadas com diferentes doses de zinco pelas colônias de *A. sexdens*, ou seja, a dose de 20 mg/dm³ mais 20 mg/L não causou a inibição do forrageamento. Durante a oferta das folhas, as formigas-cortadeiras selecionavam, cortavam e carregavam o material fracionado para seus respectivos ninhos sem qualquer preferência (**Tabela 2**).

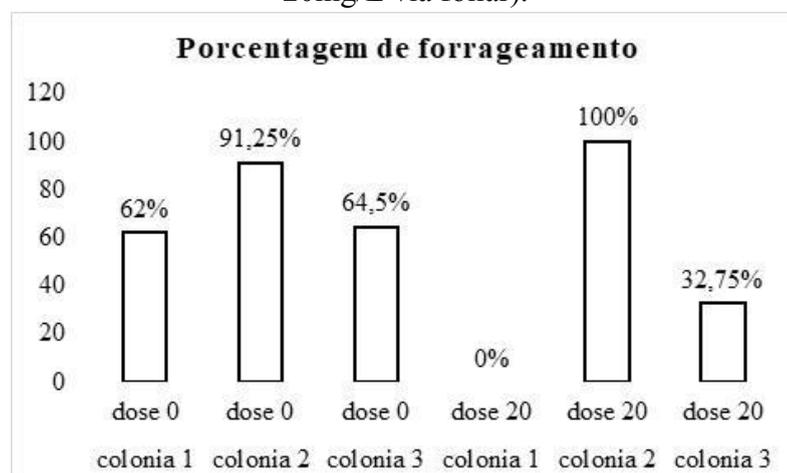
Tabela 2 – Porcentagem média de forrageamento de folhas das mudas de *Eucalyptus urophylla* tratadas com diferentes doses de zinco realizado pelas colônias de *A. sexdens*.

Doses	Forrageamento
0	44,25 a
20	57,08 a
Média	50,66
CV%	52,61

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05\%$). Fonte: elaborado pela autora(2022).

Mesmo não havendo diferença significativa no forrageamento das folhas de mudas tratadas com diferentes doses de Zn, observa-se que enquanto a colônia 2 não houve uma preferência no forrageamento das folhas tratadas com diferentes doses, a colônia 1 e 3 apresentaram um percentual de forrageamento de 62 e 64,5% quando as folhas ofertadas eram de mudas que não receberam doses de Zn e de 0 e 32,75% quando as folhas eram de mudas de eucalipto tratadas com a dose de 20 mg/dm³ via solo mais 20 mg/L via foliar de Zn, indicando que houve um menor percentual de forrageamento na maior dose de Zn (**Figura 3**).

Figura 3 – Porcentagem de forrageamento de folhas de mudas de *Eucalyptus urophylla* tratadas com diferentes doses de zinco pelas colônias *A. sexdens* (0 e 20mg/dm³ via solo mais 20mg/L via foliar).



Fonte: elaborado pela autora(2022).

De acordo com Schlindwein (2004), o comportamento durante o forrageamento das formigas-cortadeiras é um processo complexo e na maioria das vezes, para melhor compreensão, é necessário estudar o indivíduo, a colônia ou ambos.

Holldobler & Wilson (1990), relataram que cada espécie de formiga-cortadeira apresenta um horário de forrageamento e, dependendo da distância que precisam deslocar em busca do alimento, podem ser mais seletivas em relação a este alimento, sendo que quanto mais distante do alimento, maior será a seletividade. Ainda de acordo com os autores, a espécie de formiga-cortadeira *Atta sexdens*, na atividade de corte, o fator distância do alimento ao ninho pode ser o mais importante.

Segundo Schlindwein (2004), plantas de maior preferência e com maior distância dos ninhos foram cortadas com menor intensidade em relação às plantas que se encontravam próximas ao ninho e dos olheiros. No experimento avaliado a distância não influenciou na seletividade, tendo em vista que as folhas foram ofertadas dentro da colônia.

A seletividade do material a ser cortado pode ocorrer através da presença de compostos tóxicos ou alterações no valor nutritivo exigido pelo fungo antagonista e também pelas propriedades físicas e mecânicas das plantas (Hubbel & Wiemer, 1983).

Nascimento (2018) em um trabalho avaliando o efeito da restrição de nutrientes no desenvolvimento de mudas de teca e a preferência de corte pelas formigas-cortadeiras da espécie *A. sexdens* e *Atta laevigata* (F. Smith, 1858), observou que houve preferência de corte no tratamento sem adição de fósforo, seguido de tratamentos com omissão de magnésio, cálcio, potássio e silício. O autor observou que houve menor transporte de fragmentos das folhas ofertadas quando o tratamento foi completo, ou seja, com todos os nutrientes exigidos pela cultura. Além disto, observou que a testemunha e sem adição de nitrogênio houve também uma menor preferência de corte.

Ortiz et al. (2017) verificando a resposta do forrageamento de *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) e *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) a mudas de *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh, 1832) com diferentes restrições nutricionais, constatou que os discos foliares ofertados às formigas cortadeiras com tratamento na ausência de fósforo foram os que apresentaram maior preferência de corte, seguido em ordem decrescente pelos tratamentos com ausência de potássio (P), cálcio (Ca) e nitrogênio (N).

De acordo com Marschner (1986), a nutrição mineral pode contribuir para o nível de resistência da planta ao ataque de pragas ou doenças através de modificações histológicas ou morfológicas e também na composição química.

Silva (2016), avaliando o efeito do fungo *Trichoderma harzianum* Rifai, (1969), e do zinco em colônias de *A. sexdens*, observou que o fornecimento de zinco, utilizando como fonte o cloreto de zinco e o sulfato de zinco, nas concentrações de 2,5 e 5,0 g/L em placas de Petri em meio BDA, inibiu o desenvolvimento do fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer) Moller.

Apesar de vários fatores poderem explicar a seletividade das formigas em relação ao recurso alimentar, ao serem cortadas as folhas e levadas ao ninho, principalmente em relação aos compostos tóxicos e as alterações do valor nutritivo exigido pelo fungo simbiote, no trabalho realizado não foi observado uma seleção e preferência de corte das folhas de eucalipto pelas formigas *A. sexdens* em relação às concentrações de zinco aplicadas nas mudas tanto via solo como via foliar, tendo em vista os relatos de ocorrência de toxicidade e inibição do crescimento do fungo.

Apesar de não ter sido observada preferência no forrageamento das folhas tratadas com diferentes doses de Zn, a literatura relata que doses elevadas de Zn podem reduzir os níveis de amins e aminoácidos nas folhas novas, interferindo assim no ataque de insetos. A deficiência do Zn provoca a redução de AIA (ácido indolacético) e RNA, menor produção de fenóis e lignina (Dechen et al., 2004; Malavolta, 2006).

As formigas-cortadeiras tem a capacidade de distinguir quimicamente as folhas novas de folhas velhas, tendo preferência por folhas novas (Barrer & Cherrett, 1972). Durante o fornecimento das folhas de eucalipto às colônias de formigas-cortadeiras, não houve a escolha de folhas novas ou velhas das mudas, sendo que foi ofertado tanto folhas novas quanto folhas velhas às formigas.

Segundo Ribeiro & Marinho (2011) as formigas cortadeiras do gênero *Atta* possuem um comportamento complexo em relação a escolha do recurso alimentar e da coleta dos materiais cortados para o cultivo do fungo. De acordo com Endringer (2015), em uma mesma colônia no laboratório, o comportamento na escolha do material a ser cortado pode ser alterado.

Os resultados encontrados durante a avaliação e o complexo comportamento no forrageamento das formigas cortadeiras evidenciam a necessidade de continuidade dos estudos avaliando os mais diversos fatores que interferem na preferência do material e o efeito do Zn na atratividade das formigas.

Conclusão

Não houve preferência de corte pelas formigas cortadeiras *A. sexdens* pelas folhas das mudas de *Eucalyptus urophylla* tratadas com diferentes doses de Zn, porém devido à complexidade e os diversos fatores que interferem no forrageamento das formigas, novos estudos devem ser feitos em busca de respostas mais precisas em relação ao efeito do Zn no forrageamento das formigas cortadeiras *A. sexdens*.

Referências

- AMANTE, E. **Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo**. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, vol. 6, pág. 355-63, 1967.
- ANJOS, N. et al. **Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamentos**. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: UFV/Sociedade de Investigações Florestais, pág. 212-241, 1993.
- ANJOS, N. et. al. **Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos**. Ponte Nova - MG, pág. 97, 1998.
- BARRER, P. M.; CHERRETT, J. M. Some factors affecting the site and pattern of leaf-cutting activity in the ant *Atta cephalotes* L. **Journal of Entomology**. n. 47, pág. 15-27, 1972.
- BOARETTO, M.A.C.; FORTI, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v.11, n.30, pág. 31-46, 1997.
- BUENO, O. C.; BUENO, F.C. **Plantas Inseticidas**: perspectivas de uso no controle de formigas-cortadeiras. In: DELLA-LUCIA, T.M.C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**, Viçosa: Editora UFV, pág. 359-372, 2011.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria da trofobiose. Porto Alegre - RS, ed. 2, 1999.
- CHEW, F. S.; E ROADMAN, J. E. **Plant resources for chemical defense**. In: Rosenthal, G.A., e Janzen, D. (Ed.) **Herbivores: their Interactions with Secondary Plant Metabolites**. New York: Academic Press. pág. 271-307, 1979.
- DECHEN, A. R. et al. Pragas e doenças em citros: fisiologia e nutrição mineral. **Revista Visão agrícola**, nº 2. São Paulo, 2004.
- DELL, B. et al. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. 2nd edition. Canberra, ACIAR Monograph, 2001. Disponível em:https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/23819/1/nutrient_disorders_in_plantation_eucalypts.pdf.
- ENDRINGER, F. B. **Ecologia e forrageamento da formiga cortadeira *Atta robusta* (Borgmeier, 1939)**. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminens, 2015.

EPSTEIN, E. & ARNOLD, B. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. trad. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina: Editora Planta. pág. 209-243, 2004.

FENNY, P. **Plant apparency and chemical defense**. In: Wallace, J. W., Mansell, R. L. (Eds.) *Biochemical interactions between plants and insects. Recent Advances in Phytochemistry*. New York: Plenum Press. pág. 1-40, 1976.

FORTI, L.C., BOARETTO, M. A. C. 1997. **Formigas cortadeiras: biologia, ecologia, danos e controle**. Botucatu: Departamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Estadual Paulista, 61p.

HOLLOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. pág. 732, 1990.

HUBBEL, S. P. & WIEMER, D. F. **Host plant selection by an Attini ant**. In: JAISSON, P. (Ed.). *Social insects in the tropics*. Paris: University of Paris Press, 2. pág. 133-154, 1983.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres. São Paulo, 2006.

MARSARO JÚNIOR, A.L. et al. **Preferência de corte de *Eucalyptus spp.* por *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) em condições de laboratório**. *Ciência Florestal*, Santa Maria - RS, v. 17, n. 2, pág. 171-174, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsm>.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press. pág. 674. 1986.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press. pág. 888, 1995.

MENDES FILHO, J. M. de A. Combate à formiga na CAF. **Circular Técnica**. IPEF, Piracicaba, SP. pág. 1-9, 1979.

NASCIMENTO, D. A. DO. **Restrição mineral em muda de teca e seu efeito na preferência de formigas cortadeiras**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais. Cuiabá, 2018.

ORTIZ, A. G.; PERES-FILHO, O.; SANTOS, A.; SOUZA, M. D.; FAVARE, L. G.; NASCIMENTO, D. A. **Resposta do forrageamento de *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) e *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) a mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh com diferentes restrições nutricionais**. *Revista Spacios*, v. 38 n. 44, pág. 1-10, 2017.

RHOADES, D. F. & CATES, R. G. **Toward a General Theory of Plant Antiherbivore Chemistry**. *Recent Advances in Phytochemistry*. vol.10, 1976.

RIBEIRO, M. M. R.; MARINHO, C. G. S. **Seleção e forrageamento em formigas-cortadeiras**. In: Della-Lucia, T.C.C. *Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo*. Viçosa: Editora UFV. pág. 189-204, 2011.

SCHLINDWEIN, M. N. **Dinâmica do ataque de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 sobre a vegetação: Uso de manipulação de recursos e armadilha de solo para se estimar o comportamento de forrageamento.** Revista Uniara, vol. 15, pág. 153-166, 2004.

SILVA, D. G. Da. **Efeito do fungo *Trichoderma harzianum* e do zinco em colônias de *Atta sexdens*.** 2016.67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Gurupi, 2016.

ZAMBOLIM, L. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas.** Viçosa, MG. 2012.

ZANETTI, R. **Manejo integrado de formigas cortadeiras e cupins em áreas de eucalipto da Cenibra.** Belo Oriente: CENIBRA, pág. 74, 2007. 74p. Laudo técnico FSC.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. As mudas de *E. urophylla* cultivadas em solo do Cerrado com baixo teor de Zn apresentaram resposta positiva à aplicação de Zn no crescimento e desenvolvimento, tanto em mudas que receberam doses de Zn via solo quanto foliar.
2. Mudas que receberam maiores doses de Zn 10 e 20 mg/L e 10 e 20 mg/dm³ apresentaram melhor qualidade, com maior vigor e boa sanidade.
3. Diante de algumas variáveis avaliadas, altura, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da raiz, massa seca parte aérea, massa seca total, transpiração, condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida as quais apresentaram uma grande diferença nas médias dos dados obtidos, porém não tiveram diferenças significativas estatisticamente, surge a necessidade de realizar novos estudos.
4. Não houve preferência de corte pelas formigas cortadeiras *A. sexdens* pelas folhas de *Eucalyptus urophylla* tratadas com diferentes doses de Zn, porém existem diversos fatores que podem ter interferido no forrageamento das formigas.
5. O processo de seleção e corte de material pelas formigas cortadeiras é complexo, havendo necessidade de novos estudos em busca de respostas mais precisas em relação ao efeito do Zn no forrageamento das formigas cortadeiras *A. sexdens*.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Florestas plantadas no Brasil somam 9,3 milhões de hectares em 2020**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:
<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/florestas-plantadas-no-brasil-somam-93-milhoes-de-hectares-em-2020#:~:text=A%20%C3%A1rea%20estimada%20de%20florestas,para%20fins%20comerciais%20no%20pa%C3%ADs>.
- BERTOLA, Alexandre. **Eucalipto – 100 anos de Brasil “Falem mal, mas continuem falando de mim”**. s.d. Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf.
- CIB. **Guia do eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Conselho de informações sobre biotecnologias. 2015. Disponível em:
http://avamflora.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Guia_do_Eucalipto.pdf.
- DELL, B. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. 2nd edition. Canberra, ACIAR Monograph, 2001. Disponível em:
https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/23819/1/nutrient_disorders_in_plantation_eucalypts.pdf.
- LOECK, A. E.; GRUTZMACHER, D. D.; STORCH, G. Distribuição geográfica de *Atta sexdens piriventris* Santschi, 1919, nas principais regiões agropecuárias do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, vol. 7, n. 1, pág. 54-57, 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/357/351>. Acesso em 15 de junho de 2022.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, SP. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. Disponível em:
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3519>.
- MORAES NETO, S. P. de. **O eucalipto no Cerrado do DF: plantio puro e sistema agrossilvipastoril**. 2008. Disponível em:
http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/eucalipto/index.htm.
- REIS, C. A. F. et al. **Contribuições das pesquisas com eucaliptos para a expansão de fronteiras das florestas plantadas brasileiras**. Embrapa Florestas, 2021. Disponível em:
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131880>.
- SARCINELLI, T. S.; RIBEIRO JÚNIOR, E. S.; DIAS, L. E.; LYNCH, L. S. 2004. **Nutrient deficiency symptoms in seedlings of *Acacia holosericea* in response to the omission of macronutrients**. *Árvore* 28, vol. 2, pág. 173-181.

SILVEIRA, R. L. V. DE A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva.** Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba -SP, 2000.

WENDLING, I. et al. **Produção de mudas de eucalipto.** Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/351128511>.

ZAMBOLIM, L. et al. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas.** Viçosa, MG. 2012.