



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE MATTIONI DO NASCIMENTO

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE AVEIA
PRETA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

**CHAPECÓ
2021**

FELIPE MATTIONI DO NASCIMENTO

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE AVEIA
PRETA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade Federal
da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

**CHAPECÓ
2021**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Nascimento, Felipe Mattioni do
GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE
AVEIA PRETA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE /
Felipe Mattioni do Nascimento. -- 2021.
29 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2021.

1. Cobre. 2. Aveia Preta. 3. Metal Pesado. I. Silva,
Samuel Mariano Gislon da, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

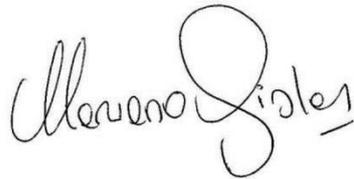
FELIPE MATTIONI DO NASCIMENTO

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE
AVEIA PRETA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS como
requisito para a obtenção de grau Bacharel em
Agronomia.

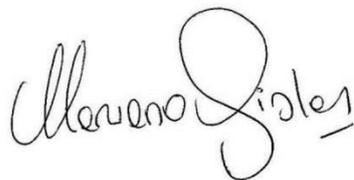
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
30/09/2021.

BANCA EXAMINADORA



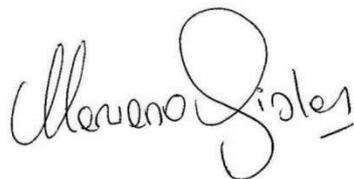
Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva – UFFS

Orientador



Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi – UFFS

Examinador



Prof. Dr^a. Fabiana Maria de Siqueira Mariano da Silva – UFFS

Examinadora

RESUMO

O cobre, micronutriente presente nos solos, devido à ação antrópica tem sido relatado em concentrações tóxicas. A aveia preta é muito utilizada na rotação de culturas, sendo que para se obter aumentos da produtividade, tem-se avaliado os fatores que interferem no cultivo. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos de concentrações tóxicas e subtóxicas de cobre sobre a germinação e crescimento de plântulas de aveia preta. Foi realizado um ensaio em esquema parcelas subdivididas em blocos ao acaso e 4 repetições. As sementes da cultivar Iapar 61 (Ibiporã) foram divididas em 4 lotes de 16 repetições de 50 sementes e cada repetição semeada em substrato de papel para germinação, previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. A água utilizada para a embebição dos 4 lotes foi acrescida de diferentes concentrações de sulfato de cobre (CuSO₄), de maneira que as concentrações finais fossem 0,0, 50, 100,0 e 150,0 mg/L, gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 25°C, sendo avaliado a germinação, o comprimento das raízes e a parte aérea, realizadas no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a semeadura. O cobre não interferiu na capacidade germinativa, mas no tamanho das raízes e na parte aérea em todas as concentrações testadas. A amostra controle, que não continha cobre, foi a que apresentou melhores valores em todos os fatores avaliados.

Palavras Chave: fitotoxicidade, metal pesado, *Avena strigosa*.

ABSTRACT

Copper, a micronutrient present in soils, due to anthropogenic action has been reported in toxic concentrations. Black oat is widely used in crop rotation, and to obtain increases in productivity, the factors that interfere with cultivation have been evaluated. The objective of the present work was to verify the effects of toxic and subtoxic copper concentrations on the germination and growth of black oat seedlings. A split-plot trial was carried out in randomized blocks with 4 replications. The seeds of the cultivar Iapar 61 (Ibiporã) were divided into 4 lots of 16 replicates of 50 seeds and each replicate sown in a germination paper substrate, previously moistened with a volume of water corresponding to 2.5 times the weight of the paper. The water used for the imbibition of the 4 batches was added with different concentrations of copper sulfate (CuSO₄), so that the final concentrations of copper were 0.0, 50, 100.0 and 150.0 mg/L, generating four different treatments. The paper rolls were kept in germinators at a constant temperature of 25°C, and evaluations were carried out in 4 repetitions of each treatment on the fourth, fifth, sixth and seventh day after sowing. Copper did not interfere in germination capacity, but in the size of roots and shoots at all concentrations tested. The control sample, which did not contain copper, showed the best values for all factors evaluated.

Keywords: phytotoxicity, heavy metal, *Avena strigosa*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema resumido do ensaio de germinação.....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de germinação (%) após germinação da aveia submetidas a diferentes doses de cobre e em diferentes dias de avaliação	20
Tabela 2 - Valores médios da parte aérea (cm) após germinação da aveia submetidas a diferentes doses de cobre e em diferentes dias de avaliação	22
Tabela 3 - Valores médios das raízes (cm) após germinação da aveia submetidas a diferentes doses de cobre e em diferentes dias de avaliação	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento da parte aérea (cm) da aveia preta submetida a diferentes concentrações de cobre.....	22
Gráfico 2 - Crescimento radicular (cm) da aveia preta submetida a diferentes concentrações de cobre.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES.....	17
4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO	17
4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES.....	18
4.4 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO.....	18
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
7. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade de alimentos no nosso planeta é a principal razão dos estudos e esforços dos profissionais da área agrônômica. Em uma economia globalizada e de alta competitividade, a busca por maior eficiência na produção agrícola tem sido constante em toda cadeia produtiva.

As aveias preta (*Avena strigosa* Schreb.) são gramíneas de clima temperado, que pode ser cultivada em diferentes condições climáticas. São múltiplas suas possibilidades de uso dos grãos que pode ser destinada para a alimentação humana sendo ingrediente de receitas do dia a dia como cereais matinais. Já o uso destinado a produção animal vem servindo como forragem para pastejo, feno, silagem, cobertura do solo, adubação verde (PRIMAVESI et al., 2000). As plantas de cobertura, como a aveia preta costumam ser utilizadas com o intuito de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e protegê-lo das intempéries climáticas, do impacto das gotas da chuva e do transporte de partículas por escoamento superficial (COMIRAN, 2017).

A aveia-preta é recomendada para a rotação de culturas em semeadura direta no Sul do Brasil, em razão do seu abundante sistema radicular e alta produção de matéria seca da parte aérea, o que lhe assegura uma adequada cobertura do solo. A aveia preta contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e apresenta lenta decomposição da palha devido à alta relação C/N e aos elevados teores de lignina, que aumentam com o desenvolvimento da cultura. O manejo da aveia deve ser efetuado na fase de floração a grãos leitosos, antes da emissão de 50% das panículas, para evitar a interferência com as culturas implantadas em sucessão (RIZZARDI e SILVA, 2006).

O aumento das concentrações de cobre nos solos decorre principalmente de duas situações. Uma decorrente do manejo fitossanitário, em que alguns produtos apresentam em sua composição base cúprica. Já o outro fator deste excesso é o uso indiscriminado de dejetos orgânicos como forma de fertilização dos solos, citando-se como principal o dejetos líquido de suíno, animais que possuem uma alta exigência alimentar em cobre, resultando em dejetos com altos teores que posteriormente serão aplicados a campos produtivos (COMIRAN, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito do cobre sob a germinação e o desenvolvimento das plântulas de aveia preta em diferentes concentrações de cobre.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos das doses de cobre sobre a germinação das plântulas de Aveia Preta;

Avaliar os efeitos das doses de cobre sobre o crescimento da parte aérea das plântulas de Aveia Preta;

Avaliar os efeitos das doses de cobre sobre o crescimento das raízes das plântulas de Aveia Preta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem inúmeras espécies de aveia, porém, no Brasil, são cultivadas, apenas as aveias branca (*Avena sativa* L.) e preta (*A. strigosa* Schieb). As aveias são plantas anuais que concentram seu desenvolvimento nos meses mais frios do ano. As brancas distinguem-se das pretas por apresentarem colmos mais grossos e folhas mais largas. Os grãos da primeira são em geral maiores e de coloração branca ou amarelada, enquanto os da segunda, além de serem menores, apresentam cores que variam do branco ao preto (MACHADO, 2000).

A aveia é cultivada para cobertura do solo, para produção de forragem, feno, silagem e grãos, utilizados na alimentação de bovinos de corte e leite. Como as demais espécies cultivadas na segunda safra (milho, milheto e sorgo), as aveias suportam estresse hídrico e cobrem rapidamente o solo, suprimindo o desenvolvimento de plantas indesejáveis. Apresentam sobre estas culturas, a vantagem de desenvolverem-se em baixas temperaturas e tolerar geadas (MACHADO, 2000).

A Aveia preta é uma cultura muito utilizada na região sul do Brasil, pertence a família das gramíneas, tem o ciclo anual e forma ereta. São resistentes aos solos deficientes em nutrientes e às baixas temperaturas. Vem sendo utilizada consorciada para cobertura do solo ou como forragem, constituindo-se em uma das principais fontes de proteína para o gado no período de entressafra (ALMEIDA et al., 2007).

A cultivar Iapar 61 (Ibiporã) utilizada neste experimento, de ciclo tardio com cerca de 134 dias desde a emergência até a plena emissão de panículas, possibilitando maior número de pastejos e cortes, aumentando o rendimento forrageiro e prolongando o período de cobertura do solo. A elevada produção de matéria seca e a baixa decomposição da palhada reduzem a população de plantas daninhas e melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. É excelente alternativa para rotação com culturas de verão (soja, feijão, milho, girassol etc.) e no sistema de plantio direto. A altura média das plantas é de 1,55m (da superfície do solo ao ápice da panícula). As sementes apresentam, em média, peso hectolitro de 45g, peso de mil sementes de 15g, produtividade de 800 kg/ha e são de coloração predominantemente clara.

A época de plantio mais adequada vai de abril a maio e pode ser cultivada em linhas com densidade de 60 a 65 kg/há de sementes, ou seja, 300 sementes puras viáveis/m² e para semeaduras a lanço recomenda-se 72 a 78 kg/há. Para plantio em linhas utilizar espaçamento de 17 a 20 cm e profundidade 2 cm, em caso de pastejo animal manejar a entrada dos animais quando a planta atingir 30 cm de altura e retirar com 7 a 10 cm. A capacidade de produção de massa seca vai de 7 a 9 t/há com valor proteico de 14% e a resistência a seca é moderada.

Segundo Machado (2000) o cultivo da aveia preta reduz espécies infestantes, principalmente as de folhas estreitas, diminuindo o custo do controle das mesmas. Promove melhoria dos atributos químicos e físicos do solo e influencia o rendimento de culturas subsequentes.

A aveia incorporada ao solo, melhora as características físicas e químicas, podendo ser utilizada como forma de sucessão da lavoura de arroz irrigado, mantendo o solo protegido no plantio direto (KOPP et al., 2009). Para o cultivo da aveia são usadas sementes de alto vigor, assegurando adequada população de plantas frente uma ampla variação de condições ambientais de campo encontradas durante a emergência e possibilitando aumento na produção (COMIRAN, 2017).

A qualidade da semente é avaliada pelo somatório dos atributos genético, sanitário, físico e fisiológico que podem influenciar o seu desempenho, desde a germinação, crescimento e desenvolvimento até o esgotamento de suas reservas (AOSA, 1983 apud COMIRAN, 2017). Quando a semente se desvincula de sua planta mãe ela está fisiologicamente madura, apresentando sua máxima qualidade, e com o decorrer do tempo passa por um processo contínuo e irreversível de envelhecimento que consiste no declínio de funções biológicas e fisiológicas. Esse processo consiste de algumas etapas que compreendem desde a degeneração das membranas, diminuição na taxa de crescimento e desenvolvimento, menor uniformidade e maior sensibilidade a adversidades, redução da emergência a campo, formação de plântulas anormais, até a perda do poder germinativo (COMIRAN, 2017).

O vigor da semente é apenas um dos fatores que pode influenciar o estabelecimento das plântulas a campo. Além disso, as condições climáticas e condições de solo são determinantes neste processo. Na literatura são encontrados relatos de dificuldade na germinação e estabelecimento de plântulas quando expostas a alguns metais, como cobre, cromo e cobalto ou a condições de estresse como por exemplo a ocasionada pelo excesso de sais (COMIRAN, 2017).

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial e possui função relacionada ao crescimento das plantas, além de fazer parte estrutural de algumas enzimas, no entanto, quando em quantidades elevadas no solo esse componente, considerado metal pesado, pode desencadear efeitos tóxicos tanto a plantas quanto a biota do solo (ZORTÉA et al., 2016). Causa redução da taxa fotossintética, ocorrência de clorose foliar, redução da emissão de raízes finas, como os pelos radiculares, reduzindo a absorção de água e nutrientes, o que causa redução da taxa de crescimento das plantas (BASSO, 2015).

Os metais pesados, agentes tóxicos conhecidos pelo homem diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem. A presença de metais muitas vezes está associada à localização geográfica, seja na água ou no solo, e pode ser controlada, limitando o uso de produtos agrícolas e proibindo a produção de alimentos em solos contaminados com metais pesados. Dependendo da dose e da forma química, todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais pesados. Muitos destes são indispensáveis para o crescimento de todos os tipos de vida, desde as bactérias até mesmo o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações e quando extrapoladas podem danificar sistemas biológicos, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares (SALGADO et al., 1996).

No solo, o Cu pode ser retido por frações da matéria orgânica do solo, óxidos de ferro, óxidos de alumínio, óxidos de manganês e minerais da fração argila, através de ligações físico-químicas, onde a energia de ligação do Cu depende da natureza do ligante e, principalmente, do valor de pH do solo. Assim, o incremento de Cu no solo pode aumentar a quantidade de frações de Cu mais lábeis e potencializar sua disponibilidade em formas acessíveis para as plantas (BASSO, 2015).

Em solos que apresentam alto teor de Cu, uma estratégia de ação antrópica para amenizar a toxidez em plantas é a realização da correção da acidez, quando necessário. Com a aplicação de corretivos da acidez se espera a redução da disponibilidade de formas tóxicas de Cu. Além disso, com a adição de corretivo da acidez há a possibilidade de redução da absorção de Cu devido ao antagonismo com o Ca e Mg adicionados com os corretivos (BASSO, 2015).

Segundo Ambrosini et al. (2020), o excesso de Cu e Zn provoca aumento na síntese de proteínas e enzimas envolvidas na defesa aos danos oxidativos (YANG et al., 2011), alteração no transporte de elétrons da fotossíntese e foto inibição

(CAMBROLLÉ et al., 2015). Ainda, o estresse por Cu e Zn pode danificar a estrutura das raízes (AMBROSINI et al., 2015; BOCHICCHIO et al., 2015), o que pode reduzir a absorção de água e nutrientes minerais do solo e, assim, diminuir o crescimento das plantas (TOSELLI et al., 2009; AMBROSINI et al., 2016). A deficiência de outros elementos essenciais, como Fe ou Mg, por interferência na absorção, translocação e utilização, causa sintoma de clorose nas folhas jovens (YANG et al., 2011).

Os problemas relacionados à toxidez por Cu e Zn em plantas são bastante conhecidos, podendo ser expressados por meio de alterações bioquímicas, fisiológicas e estruturais. Muitas dessas modificações acontecem como estratégia de defesa da planta para resistir ao estresse, de modo a garantir a sua sobrevivência e desenvolvimento. No entanto, em caso de estresse severo, essas alterações no organismo vegetal podem não ser suficientes para combater o agente estressante, neste caso o excesso de Cu e Zn, e os sintomas da toxidez podem evoluir para uma redução drástica de crescimento, de perda de produtividade, levando até mesmo à morte da planta (AMBROSINI et al., 2020).

O crescente desenvolvimento agrícola tem resultado em problemas ambientais decorrentes da geração de resíduos contendo elementos tóxicos, a contaminação do solo por metais pesados é um problema ambiental bem conhecido, particularmente em regiões agrícolas abandonadas e áreas de minas. Práticas agrícolas inadequadas também podem levar a uma acumulação de Cu, decorrentes da utilização de corretivos, fertilizantes, defensivos e fungicidas a base de Cu na camada arável, além disso, aplicações repetidas de dejetos de animais podem levar a uma acumulação de Cu, uma vez que este elemento está incluído na dieta de suínos e aves, como um promotor de crescimento (ZORTÉA et al., 2016).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

O experimento foi conduzido com sementes de *Avena strigosa Schreb* obtidas em Chiapetta/RS, na safra de 2019, a cultivar utilizada foi a Iapar 61 também conhecida como Ibioporã, selecionada em população de aveia preta comum, destinada à alimentação animal na forma de pastejo direto, verde no cocho, feno ou silagem e ao manejo e conservação de solo como cobertura de solo e opção na rotação de culturas.

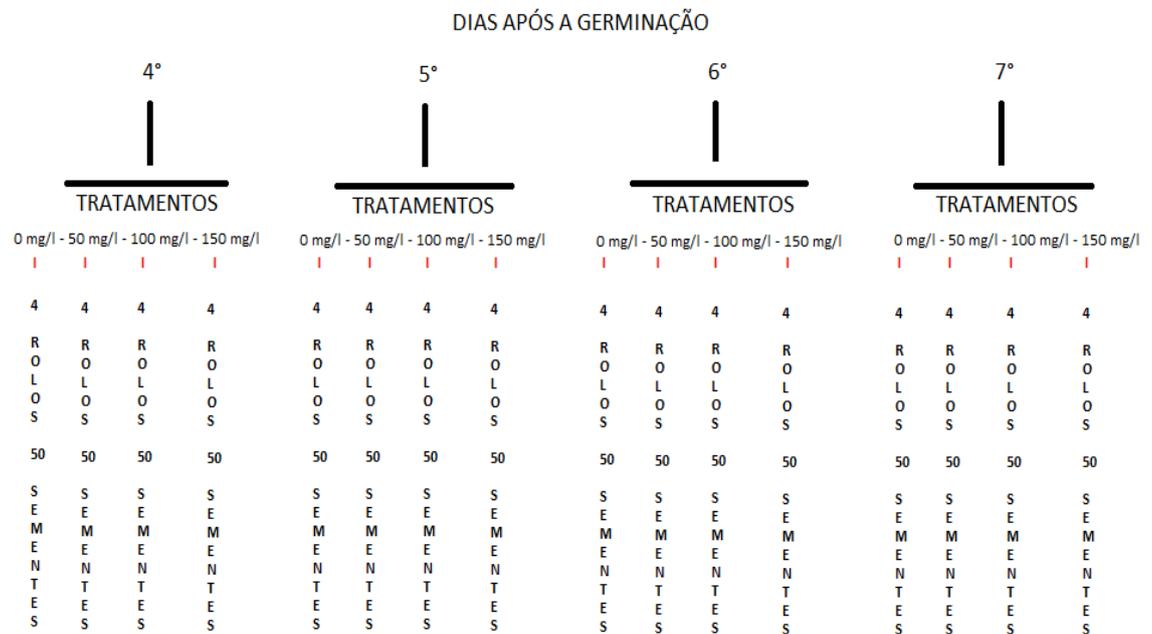
4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO

O experimento foi conduzido no laboratório de Sementes e Grãos situado na Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Chapecó. Os ensaios foram realizados sob esquema parcelas subdivididas no tempo em delineamento experimental blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições (ARES & GRANATO, 2014).

Para montagem do experimento foi utilizado substrato de papel Gemitex, ao todo foram montados 64 rolos contendo 50 sementes cada, estes rolos foram divididos em 4 lotes iguais contendo 16 rolos cada, os lotes foram umedecidos com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel e a água utilizada nos 4 lotes foi acrescida de diferentes concentrações de sulfato de cobre (CuSO₄), de maneira que as concentrações finais de cobre fossem 0 (controle), 50,0, 100,0 e 150,0 mg L⁻¹, gerando quatro diferentes tratamentos. Todos os rolos devidamente umedecidos e identificados com suas concentrações de cobre foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 25°C com 24 horas de luz disponível (BRASIL, 2009).

Passando-se quatro dias retirou-se de modo aleatório do germinador 4 rolos de cada bloco, ou seja, 4 rolos de cada tratamento para realização das avaliações, o mesmo ocorreu no quinto, sexto e sétimo dia conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Esquema resumido do ensaio de germinação.



Fonte: *Elaborado pelo autor.*

4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES

As avaliações da germinação foram realizadas no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a sementeira, sendo os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais. A primeira contagem de germinação serviu como indicativo do vigor das sementes, enquanto que a somatória dos resultados da primeira contagem com os da última contagem serão um indicativo da viabilidade das mesmas (BRASIL, 2009).

4.4 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO

A avaliação do crescimento foi realizada no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a sementeira, eliminando-se as plântulas anormais e as sementes mortas. Com auxílio de uma régua milimétrica, mensurou-se o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea, sendo os resultados médios expressos em cm/plântula

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Primeiramente as variáveis (%) germinação, tamanho de raiz e tamanho da parte aérea foram submetidas separadamente a análise de variância (teste de F) pelo programa estatístico r (versão 2021). A realização do experimento foi realizada no delineamento de blocos ao acaso com parcela subdividida, onde as médias foram comparadas através do teste de Tukey (5%) pelo programa estatístico r (versão 2021).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de variância (teste de F), não existe interação significativa entre os fatores época de avaliação e as doses de cobre em relação à variável germinação $p \leq 0,05$ (Tabela 1), indicando que não existe dependência entre os fatores. A comparação de médias entre os níveis do fator dias e a comparação de médias entre os níveis do fator doses de cobre são representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de germinação (%) da aveia submetidas a diferentes doses de cobre e em diferentes dias de avaliação.

Época Após a Germinação	mg L ⁻¹ de Cobre			
	0	50	100	150
QUARTO	94,00	89,00	88,00	76,50
QUINTO	95,00	92,50	91,50	90,50
SEXTO	89,50	86,50	88,50	90,00
SÉTIMO	90,50	87,00	88,00	87,00

CV (A) =7,27 % CV (B) = 6,69 %

NS= não significativo ($p \leq 0,05$)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comiran (2017) avaliou o efeito do cobre nas concentrações de 0, 25, 50, 100, 200 μM na forma de CuSO_4 (sulfato de cobre) diluído em água pura destilada, as concentrações de cobre em estudo não diferiram significativamente entre si e dentro dos níveis de vigor nestas avaliações ($p > 0,05$), podendo se assumir que independente do vigor do subplote de semente as concentrações de Cu utilizadas foram insuficientes para ocasionar danos ao processo germinativo e as estruturas essenciais ao desenvolvimento da nova plântula sendo o impacto do cobre sobre os processos iniciais de formação da plântula irrisório. Ye et al. (2014) observaram que após 20 horas de embebição, concentrações de 10 μM e 100 μM de Cu inibiram parcial e totalmente a germinação das sementes, os autores relatam que a retirada das cariopses da semente, ou seja, o fruto que envolve a semente que no caso da aveia é vulgarmente conhecido como a casca que envolve a semente, permitiram um maior contato das estruturas com a solução, deixando-a mais exposta ao efeito do cobre.

Muccifora & Bellani (2013) em estudo avaliando o efeito do Cu na germinação de sementes de *V. sativa* não observaram efeitos negativos em doses até 5×10^{-3} M, no entanto o crescimento da raiz foi interrompido na dose de 10^{-3} M, provavelmente devido a um efeito do Cu sobre a divisão celular e alongamento da radícula. Oliveira et al. (2015) avaliando a germinação de *V. sativa* em solos naturais contaminados com resíduo piritoso, o qual contém elevada quantidade de Cu, também não observaram redução na taxa de germinação das sementes.

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores época de avaliação e doses de cobre em relação à variável tamanho da parte aérea (Tabela 2), indicando a existência de dependência entre os fatores. Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cobre foram comparados dentro dos níveis dos fatores dose de cobre e tempo de germinação, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre dentro de cada época da avaliação.

O comportamento das doses 0, 50, 100 e 150 mg/L de cobre sobre o tamanho da parte aérea das plântulas foi estatisticamente diferenciado nas épocas avaliadas, sendo possível observar um aumento da parte aérea ao longo das épocas (quarto, quinto, sexto e sétimo). Do sexto para o sétimo dia as amostras dobraram de tamanho em todos os tratamentos.

Também pode-se observar na Tabela 2 que na concentração de 150mg/L do quarto dia para o sétimo houve um aumento de dez vezes o tamanho da parte aérea. A amostra controle foi que a apresentou maior valor da parte aérea e a amostras de 150mg/L apresentou menor valor.

Tabela 2 - Valores médios da parte aérea (cm) após germinação da aveia submetidas a diferentes doses de cobre e em diferentes dias de avaliação

Épocas Após a Germinação	mg L ⁻¹ de Cobre			
	0	50	100	150
QUARTO	1,87 Ca	1,78Ba	0,63 Cb	0,36 Cb
QUINTO	3,35 Ba	2,36 Bb	1,76 Bbc	1,41 Bc
SEXTO	3,88 Ba	2,28 Bb	2,01 Bbc	1,52 Bc
SÉTIMO	7,31 Aa	5,55 Ab	4,17 Ac	3,70 Ac

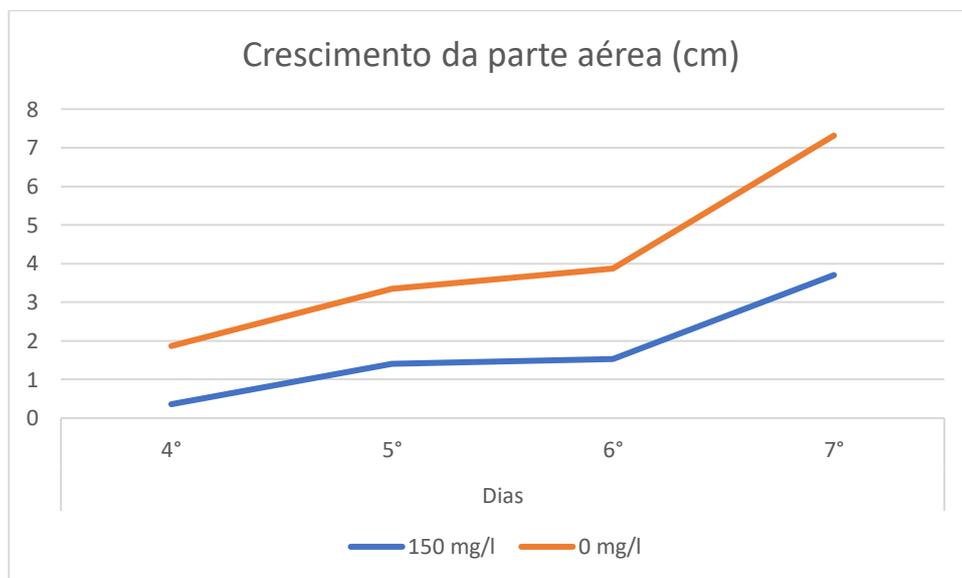
CV (A) =13,1 % CV (B) =14,21 %

*Médias, seguidos de letras diferentes maiúscula na mesma coluna, diferem entre si estatisticamente a 5% de significância. Valores, seguidos de letras diferentes minúscula na mesma linha, diferem entre si estatisticamente a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível observar no Gráfico 1 que o desenvolvimento da parte aérea das plântulas com dose de 150mg/L de cobre em comparação com a testemunha nos dias quarto, quinto sexto e sétimo, foram de 20 %, 42% e 39% respectivamente, ou seja, as doses aplicadas de cobre tiveram influência no crescimento da parte aérea das plântulas de aveia, porém não paralisam o crescimento.

Gráfico 1 – Crescimento da parte aérea (cm) da aveia preta submetida a diferentes concentrações de cobre



Fonte: Elaborado pelo autor

Para Coriman (2017) a avaliação dos parâmetros de crescimento, comprimento de parte aérea, raiz e total a interação entre os fatores em estudo foi significativa ($p < 0,05$), logo o comportamento observado foi diferente para os níveis de vigor nas concentrações de Cu aplicadas. O subote de alto vigor submetido a uma concentração de 240 μM Cu apresentou uma redução de 58 pontos percentuais em comprimento de raiz quando comparado a concentração 0 μM Cu, enquanto o subote de baixo vigor apresentou uma redução de 5 pontos percentuais. Em relação ao comprimento total da plântula, o subote de sementes de alto vigor sob ausência de Cu (0 μM) originou plântulas com altura de 12.8 cm, enquanto o subote de baixo vigor originou nesta mesma concentração plântulas de 7.03 cm de altura, por outro lado na concentração de 240 μM , os comprimentos obtidos foram inferiores, 6.64 e 5.92 cm respectivamente para alto e baixo vigor.

Segundo Coriman (2017) as concentrações de 0 a 240 μM de Cu não afetam a capacidade de estabelecimento de plântulas, entretanto, características inerentes à própria semente a afetam, sendo que subotes mais vigorosos (não envelhecidos) apresentam melhor e mais rápido estabelecimento. A aveia preta se estabelece e apresenta um bom desenvolvimento em condições que simulam solos contaminados por até 60 μM de Cu. Concentrações de cobre acima de 60 μM de Cu são prejudiciais ao crescimento inicial de plantas de aveia preta, ocasionando reduções em comprimento e massa seca.

De acordo com o teste de variância (Teste de F), existe interação significativa entre os fatores épocas e doses de cobre em relação à variável comprimento das raízes (Tabela 3), indicando a existência de dependência entre os fatores. Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cobre foram comparados dentro dos níveis do fator dias e concentração de cobre foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre dentro de cada época da avaliação, isto é, no quarto, quinto, sexto e sétimo dia avaliado.

Todas as amostras apresentaram crescimento da raiz. Os comprimentos radiculares das plântulas de aveia tiveram menor crescimento com a dose mais elevada de cobre. A amostra controle sem cobre no sétimo dia apresentou 7,432cm enquanto a amostra na maior concentração (150mg/L) apresentou comprimento de 0,382 cm, considerados diferentes estatisticamente.

Foi possível observar que o desenvolvimento da raiz das plântulas com dose

de 150mg/L de cobre em comparação com a testemunha nos dias quarto, quinto, sexto e sétimo, foram de 10%, 8%, 5% e 5% respectivamente, ou seja, as doses aplicadas de cobre tiveram influência no crescimento da raiz das plântulas de aveia. A amostra controle foi a que teve o maior crescimento radicular sendo estatisticamente diferente das demais. As doses de 50mg/L e 100mg/L de cobre foram diferentes entre si apenas no quarto dia e entre os dias quinto e sexto todas as doses foram iguais estatisticamente, demonstrando um comportamento de paralisação do crescimento radicular para esses dias. A dose de 100mg/L e 150mg/L foram iguais estatisticamente em todas as épocas e somente a testemunha foi diferente entre todos os dias (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios das raízes (cm) após germinação da aveia submetidas a diferentes doses de Cu e em diferentes dias de avaliação.

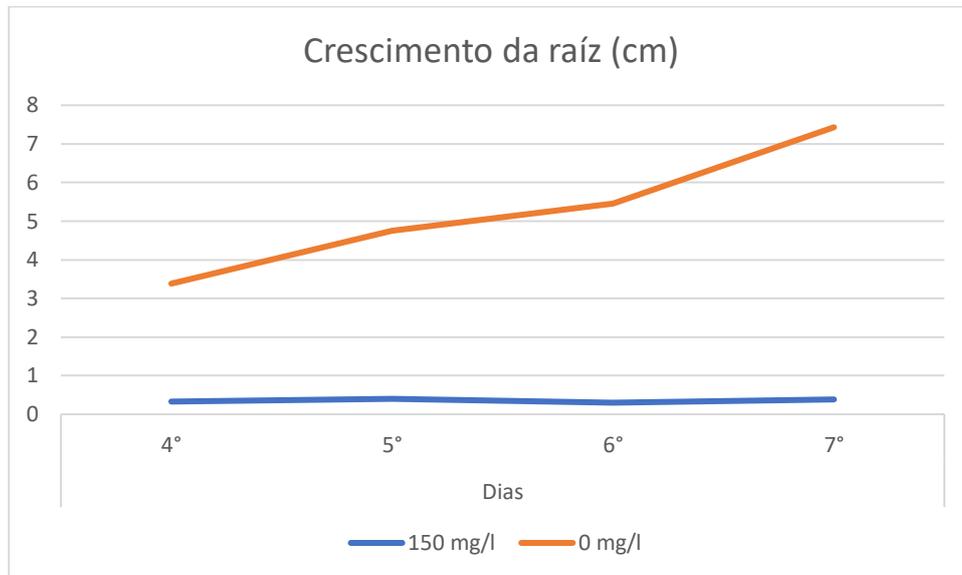
Épocas Após a Germinação	mg L ⁻¹ de Cobre			
	0	50	100	150
QUARTO	3,38 Da	1,69 Ab	0,51 Ac	0,33 Ac
QUINTO	4,76 Ca	0,87 BCb	0,54 Ab	0,40 Ab
SEXTO	5,46 Ba	0,49 Cb	0,41 Ab	0,30 Ab
SÉTIMO	7,43 Aa	1,19 ABb	0,73 Ab	0,38 Ac
		CV (A) = 29,45%	CV (B) = 19,75 %	

*Médias, seguidos de letras diferentes maiúscula na mesma coluna, diferem entre si estatisticamente a 5% de significância. Valores, seguidos de letras diferentes minúscula na mesma linha, diferem entre si estatisticamente a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos dizer de modo geral que a qualquer dose acima de 50mg/L de cobre o crescimento radicular das plântulas de aveia é afetado podendo ter o seu crescimento paralisado ou muito prejudicado. O Gráfico 2 mostra a paralisação do crescimento radicular quando exposto a dosagem de 150 mg/l de cobre.

Gráfico 2 - Crescimento radicular (cm) da aveia preta submetida a diferentes concentrações de cobre



Fonte: Elaborado pelo autor

Sabe-se que a presença de Cu no solo, em quantidades maiores que as requeridas pelas plantas, é capaz de permitir a germinação das sementes, no entanto pode afetar o desenvolvimento das mudas, cessando o crescimento das raízes por interferência nas divisões mitóticas (YILDIZ et al., 2009) ou por meio de escassez de nutrientes para o embrião devido à baixa mobilização de reservas dos cotilédones (KARMOUS et al., 2011).

Segundo Schuch et al. (2000) uma vez que as condições ambientais do campo são normalmente desfavoráveis para a germinação e emergência de plântulas, em graus variáveis de intensidade, os lotes de mais alto vigor apresentarão, normalmente, melhor desempenho sob condições de campo. Assim, as diferenças no vigor das sementes, além de provocarem redução da emergência no campo, retardarem a emergência e causarem desuniformidade na emergência, continuaram atuando após a emergência em plantas isoladas de aveia preta, afetando a produção de matéria seca e área foliar, devido a diferenças nas taxas de crescimento da cultura entre os diversos níveis de vigor.

7. CONCLUSÃO

Com este estudo podemos concluir que o cobre independente da concentração (50, 100 ou 150 mg.L⁻¹) não afeta a germinação da aveia, porém todas as doses prejudicam o desenvolvimento da parte aérea, também causam a paralisação do crescimento radicular, principalmente na dosagem de 150 mg/l de Cu.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. da S.; Villela, F. A.; Meneghello, G. E.; Lauxen, L. R.; Deuner, C. **Desempenho fisiológico de sementes de aveia-preta tratadas com tiametoxam. Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1619-1628, set./out. 2012.
- AMBROSINI, V. G.; ROSA, D. J.; PRADO, J. P. C.; BORGHEZAN, M.; MELO, G. W. B. de; SOARES, C. R. F. de S.; COMIN, J. J.; SIMÃO, D. G.; BRUNETTO, G. **Reduction of copper phytotoxicity by liming: a study of the root anatomy of young vines (*Vitis labrusca* L.)**. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 96, p. 270-280, Nov. 2015.
- AMBROSINI, V. G.; ROSA, D. J.; BASSO, A.; BORGHEZAN, M.; PESCADOR, R.; MIOTTO, A.; MELO, G. W. B. de; SOARES, C. R. F. S.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. **Liming as an ameliorator of copper toxicity in black oat (*Avena strigosa* Schreb.)**. *Journal of Plant Nutrition*. 2016. No prelo.
- AMBROSINI, V. G.; SORIANI, H. H.; ROSA, D. J.; TIECHER T. L.; GIROTTI, E.; SIMÃO, D. G.; MELO, G. W. B. DE; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G. **Capítulo 6 Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura**. Disponível em <[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1065884/1/Impacto do excessodecobreezinconosolosobrevideiraseplantasdecobertura.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1065884/1/Impacto%20do%20excesso%20de%20cobre%20e%20zinco%20no%20solo%20sobre%20videiras%20e%20plantas%20de%20cobertura.pdf)>. Acessado em 20/06/2020.
- ARES, G.; GRANATO, D. **Mathematical and statistical methods in food science and technology**. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014. 536p.
- BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.
- BASSO, A. **Nutrição mineral e distribuição de cobre nas raízes de Aveia preta e videiras jovens em solo contaminado Submetido à calagem**. 2015. Dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de PósGraduação em Agroecossistemas. 2015. 82 p.
- BOCHICCHIO, R.; SOFO, A.; TERZANO, R.; GATTULLO, C. E.; AMATO, M.; SCOPA, A. **Root architecture and morphometric analysis of *Arabidopsis thaliana* grown in Cd/Cu/Zn-gradient agar dishes: A new screening technique for studying plant response to metals**. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 91, p. 20-27, Jun. 2015.
- CAMBROLLÉ, J.; GARCÍA, J. L.; FIGUEROA, M. E.; CANTOS, M. **Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity**. *Chemosphere*, v. 120, p. 171-178, Feb. 2015.

- COMIRAN, M. **Toxidez por cobre: reflexos na qualidade de sementes e no desenvolvimento inicial de Aveia Preta**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Agronomia, RS, 2017.54 p.
- KARMOUS, I.; EL FERJANI, E.; CHAOUI, A. **Copper excess impairs mobilization of storage proteins in bean cotyledons**. *Biological Trace Element Research*. v. 144, p. 1251–1259, 2011.
- KOPP, M. M.; LUZ, V. K.; MAIA, L. C.; SOUSA, R. O.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. **Avaliação de genótipos de aveia branca sob estresse de ácidos orgânicos**. *Scientia Agraria Paranaensis* Volume 11, número 3, p.1-15, 2012.
- MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 16p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto, 3).
- MUCCIFORA, S.; BELLANI, L. M. **Effects of copper on germination and reserve mobilization in *Vicia sativa* L. seeds**. *Environmental Pollution*. v. 179, p. 68–74, 2013.
- OLIVEIRA, L. C. I.; BARETTA, D.; ZORTÉA, T.; CASAROTTO, K.; CAMPOS, M. L.; SANTOS, J.C.P. **Avaliação ecotoxicológica de Resíduos de mineração de carvão**. *Revista Brasileira Ciência do Solo*. v. 39, p. 1806- 1813, 2015.
- PRIMAVESI, A.C. **Recomendações técnicas para cultivo de aveia**. Embrapa Pecuária Sudeste – boletim de Pesquisa. 2000. 39p.
- RIZZARDI, M.A.; SILVA, L.F. **Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho**. *Revista Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 24, n. 4, p. 669-675, 2006.
- SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.de S.; ROSENTHAL, M.D. **Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes**. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.6 no 2, 97-101. Mai-ago, 2000.
- TOSELLI, M.; BALDI, E.; MARCOLINI, G.; MALAGUTI, D.; QUARTIERI, M.; SORRENTI, G.; MARANGONI, B. **Response of potted grapevines to increasing soil copper concentration**. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 15, n. 1, p. 85-92, Feb. 2009.
- YANG, Y.; SUN, C.; YAO, Y.; ZHANG, Y.; ACHAL, V. **Growth and physiological responses of grape *Vitis vinifera***. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 33, n. 4, p. 1483-1491, July 2011.
- ZORTÉA, T.; TESTA, M.; SILVA, A. W. L. DA; BARETTA, D. **Toxicidade do cobre em função da correção do pH em dois solos naturais – Uma abordagem com plantas e organismos edáficos**. *Revista Scientia Agrária*. Versão On-line ISSN 1983-2443 Versão Impressa ISSN 1519-1125 SA vol. 17 n° 1 Curitiba jan/mar. 2016 p. 1-9.

SALGADO, P. E. T. **Toxicologia dos metais**. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo, 1996. cap. 3.2, p. 154-172.