



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL - UFFS  
CAMPUS CHAPECÓ – SC  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**ANDERSON RIBEIRO DE MELLO**

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE  
PLÂNTULAS DE SOJA SUBMETIDAS À DIFERENTES  
CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

**CHAPECÓ**

**2019**

**ANDERSON RIBEIRO DE MELLO**

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO  
DE PLÂNTULAS DE SOJA SUBMETIDAS À DIFERENTES  
CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

CHAPECÓ

2019

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Mello, Anderson Ribeiro de  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE  
SOJA SUBMETIDAS À DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE /  
Anderson Ribeiro de Mello. -- 2019.  
33 f.:il.

Orientador: Samuel Mariano Gislon da Silva. Trabalho de  
Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira  
Sul, Curso de  
Agronomia, Chapecó, SC , 2019.

1. Glycine max. 2. Metais pesados. 3. Micronutriente.  
I. Silva, Samuel Mariano Gislon da, orient. II. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. III. Título.

ANDERSON RIBEIRO DE MELLO

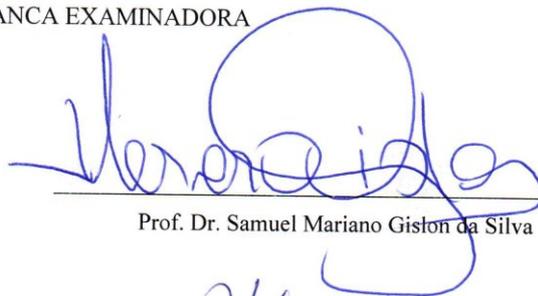
**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO  
DE PLÂNTULAS DE SOJA SUBMETIDAS À DIFERENTES  
CONCENTRAÇÕES DE COBRE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano da Silva

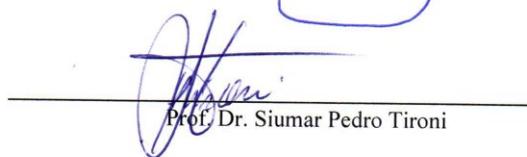
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:  
03/07/2019

BANCA EXAMINADORA



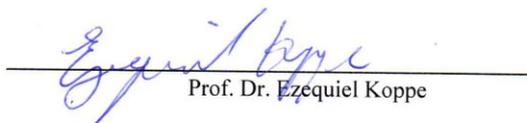
---

Prof. Dr. Samuel Mariano Giston da Silva



---

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi



---

Prof. Dr. Ezequiel Koppe



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DIRETORIA DE ORGANIZAÇÃO PEDAGÓGICA



Universidade Federal da Fronteira Sul  
Campus Chapecó  
Curso de Agronomia  
Trabalho de conclusão de Curso

**ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC, EM  
AGRONOMIA**

Aos 03 dias do mês de julho de 2019, as 15:15 horas, foi realizado, na sala 107 do Bloco de Salas de Aula B, a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia de **ANDERSON RIBEIRO DE MELLO**, intitulado Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja sob diferentes concentrações de cobre.

A Banca Examinadora, constituída pelo Prof. orientador Dr. **SAMUEL MARIANO GISLON DA SILVA**, pelo Prof. Dr. **EZEQUIEL KOPPE**, e pela Prof. Dr. **SIUMAR PEDRO TIRONI**, emitiu o seguinte parecer:

( ) Aprovado com nota: \_\_\_\_\_

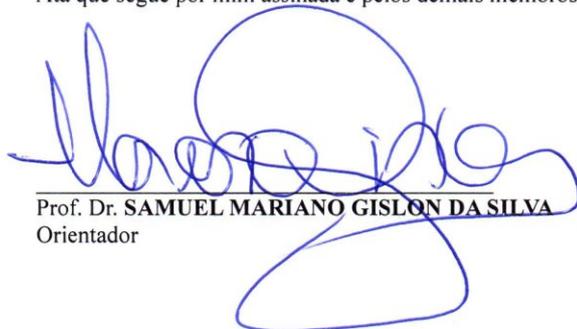
Aprovado com correções sugeridas pela banca examinadora com prazo de 10 dias. Nota: **8,2**

( ) Reprovado

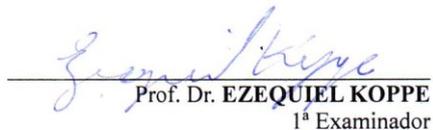
Obs. A aprovação com restrições fica condicionada à aprovação pelo orientador das sugestões realizadas e corrigidas no período estipulado pela banca.

Obs: .....

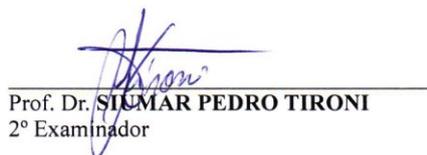
Eu, Prof. Dr. **SAMUEL MARIANO GISLON DA SILVA** orientador do aluno (a), lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.



Prof. Dr. **SAMUEL MARIANO GISLON DA SILVA**  
Orientador



Prof. Dr. **EZEQUIEL KOPPE**  
1ª Examinador



Prof. Dr. **SIUMAR PEDRO TIRONI**  
2º Examinador

## RESUMO

Com o passar dos anos a cultura do soja vem ganhando espaço em área plantada além de aumento na produtividade, alguns fatores são responsáveis por esta cultura ter ganho espaço, como a demanda do mercado interno e externo principalmente por agroindústrias ligadas aos setores de carnes. Um solo bem nutrido é fator essencial para suprir as demandas cada vez maiores, este também é responsável pelo bom desenvolvimento das plantas, mas alguns cuidados devem ser tomados em relação a fonte sobre os nossos solos com nutrientes. Como a região Oeste Catarinense é referência na produção de suínos, seus dejetos acabam sendo utilizado como fertilizantes pelos agricultores. A utilização excessiva tem implicações negativas, pois apresentam em sua composição metais pesados, entre eles o sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), que em situações de sucessivas aplicações ocasionam um acúmulo deste metal nos solos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar experimentalmente o efeito de diferentes doses de cobre sob a germinação e desenvolvimento inicial da soja. O experimento foi realizado no laboratório de Sementes e Grãos da Universidade Federal da Fronteira Sul em esquema de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com classificação cruzada e avaliações ao quinto, sexto, sétimo e oitavo dias. As sementes foram divididas em 4 lotes de 16 repetições com 50 sementes, onde as repetições foram semeadas em papel germitest 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 ( $\text{CuSO}_4$ ), de maneira que as concentrações finais de cobre fossem 0, 100, 200 e 300  $\text{mg L}^{-1}$ , gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 20°C, sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento no quinto, sexto, sétimo e oitavo dias após a semeadura. A taxa de germinação reduziu conforme se aumentou a dose de cobre, porém foi possível constatar que até a dose de 100  $\text{mg L}^{-1}$  aumentou a germinação e tamanho das raízes, as concentrações acima desta apresentaram efeitos deletérios sobre a cultura, e foi possível perceber que o cobre não mostrou efeito sobre a parte aérea da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Metal pesado. Micronutriente.

## ABSTRACT

With the passing of the years the soybean crop has been gaining space in planted area and a increase in productivity, some factors are responsible for this culture to have gained space, as the demand of the internal and external market mainly for agroindustries related to the meat sectors. A well-nourished soil is an essential factor to meet the growing demands, this is also responsible for the good development of the plants, but some care must be taken in relation to the source to supply our soils with nutrients. As the region west of Santa Catarina is a reference in the production of pigs, their waste ends up being used as fertilizer by the farmers. It's excessive use has negative implications, since they contain heavy metals, among them copper sulphate ( $\text{CuSO}_4$ ), which in situations of successive applications cause an accumulation of this metal in the soils. Thus, the objective of this work was to analyze experimentally the effect of different doses of copper under the germination and initial development of soybean. The experiment was carried out in the Seeds and Grains laboratory of the Federal University Fronteira Sul in a scheme of plots subdivided into blocks at random, with cross-classification and evaluations at the fifth, sixth, seventh and eighth days. The seeds were divided into 4 batches of 16 replicates with 50 seeds, where the replicates were seeded on germitest paper previously moistened with a volume of water corresponding to 2.5 times the weight of the paper. In the water used to soak the 4 batches was diluted different concentrations of copper sulphate ( $\text{CuSO}_4$ ), so that the final concentrations of copper were 0, 100, 200 and 300  $\text{mg L}^{-1}$ , generating four different treatments. The paper rolls were kept in germinators at a constant temperature of 20°C, and the evaluations were performed in 4 replicates of each treatment on the fifth, sixth, seventh and eighth days after sowing. The germination rate decreased as the copper dose increased, but it was possible to verify that up to the 100  $\text{mg L}^{-1}$  dose increased germination and root size, the above concentrations had deleterious effects on the crop, and it was possible to perceive that the copper had no effect on the aerial part of the soybean.

Keywords: *Glycine max.* Heavy Metal. Micronutrient

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Avaliação da germinação da soja em % de plântulas normais.....	18
<b>Tabela 2</b> - Equações polinomiais de ordem 2 referentes ao efeito das doses de cobre em cada um dos dias sobre a % de germinação da soja.....	19
<b>Tabela 3</b> - Avaliação do tamanho da raiz apresentada em cm $\text{plantula}^{-1}$ mensurados durante os ensaios de germinação. ....	20
<b>Tabela 4</b> - Equação polinomial de ordem 2 referente ao efeito das doses de cobre sobre o crescimento médio da raiz (cm $\text{plantula}^{-1}$ ). ....	21
<b>Tabela 5</b> - Avaliação do tamanho da parte aérea apresentada em cm $\text{plantula}^{-1}$ mensurados durante os ensaios de germinação. ....	22
<b>Tabela 6</b> - Equação polinomial de ordem 2 referente ao efeito das doses de cobre sobre o tamanho da parte aérea (cm $\text{plantula}^{-1}$ ).....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
	2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
	2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
	4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES .....	16
	4.2 MONTAGEM DO EXPERIMENTO .....	16
4.3	ENSAIO DE GERMINAÇÃO .....	16
	4.4 VIABILIDADE DAS SEMENTES .....	17
	4.5 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO .....	17
	4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	17
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	24
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	25
	<b>APÊNDICES</b> .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a cultura da soja vem ganhando espaço em área plantada além de grandes aumentos na produtividade, fatores que favorecem o crescimento da área cultivada é a demanda do mercado interno e externo principalmente por agroindústrias ligadas aos setores de carnes, como por exemplo agroindústrias ligadas a comercialização de carne suína e de aves, que necessitam da soja como matéria prima para formulação de rações.

Outro fator que demonstra o interesse do produtor pela cultura da soja é a rentabilidade que esta apresenta, segundo a CONAB (2019), esta rentabilidade proporciona um aumento ano após ano na área cultivada, associado ao aumento de área os produtores também buscam cada vez mais investir em tecnologia para aumentar a produtividade e rentabilidade da cultura.

Ainda de acordo com dados da (CONAB 2019), a produção para a safra 18/19 prevê que 114,3 milhões de toneladas de soja no Brasil. O estado de Santa Catarina neste mesmo ano possui um total de área cultivada de 664,6 mil hectares e com estes a produtividade média de 3.585 kg/hectare, com estes dados é possível perceber que o estado neste ano agrícola teve uma redução na área cultivada, mas houve um aumento de produtividade quando comparado ao ano agrícola anterior.

Muitos agricultores com intuito de reduzir custos de produção faz uso de dejetos suínos como fertilizantes. Os estados do sul do país são responsáveis por 65,4% dos abates suínos do país, o estado de Santa Catarina é responsável por 26,4% deste valor, sendo o assim o líder do *ranking* nacional (IBGE 2018), como é um grande produtor de carne suína, possui grandes quantidades de resíduos produzidos nas unidades produtoras e estes são utilizados nas lavouras.

A grande problemática da aplicação de dejetos suínos ao solos é o uso constante deste material em uma mesma área, isso ocorre por que muitas propriedades rurais do estado produzem um volume de dejetos que excede a capacidade do seu solo de receber o mesmo (PEREIRA, DEMARCHI, BUDIÑO, 2009).

Mattias (2006), relata que os dejetos suínos podem conter elevadas concentrações de metais pesados, como o cobre e o zinco que são micronutrientes presentes na dieta dos animais. Diante disso, com o uso regular destes dejetos nos solos, ao longo dos anos a tendência é que ocorra um acúmulo de cobre nos solos (GIROTTO et al., 2010).

O cobre é considerado um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, porem em quantidades pequenas (LUCHESE, 1985), quando este apresenta-se em

concentrações elevadas na solução de solo pode se tornar tóxico, tanto para plantas como para o homem ou animais (MARTINS, 2005).

Malavolta (1997), relata que o cobre tem participação em vários processos fisiológicos das plantas, o metal atua na fotossíntese, além de participar de enzimas e auxiliar na fixação de  $N^2$  em leguminosas, também atua como elemento estrutural em diversas proteínas e em mitocôndrias.

Quando em excesso o cobre mostra sinais de toxidez principalmente nas raízes, estas escurecem e apresentam menor desenvolvimento, podendo causar nestes tecidos cloroses (YADAV et al., 2010).

Percebendo a importância da cultura da soja no estado e para a região sul, e também a importância de se conhecer os efeitos da acumulação de cobre nos solos diante do manejo inadequado dos dejetos suínos, este trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, quando submetidas a doses crescentes de cobre.

## **2 OBJETIVOS**

Os objetivos serão divididos em geral e específicos.

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a toxicidade do cobre em sementes e plântulas de soja submetidas a diferentes concentrações deste metal.

### **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar o efeito do cobre sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja da cultivar TMG 7161 RR utilizando os parâmetros vigor, comprimento de parte aérea, de raízes e de germinação.

Avaliar o efeito do aumento de concentrações de cobre em plântulas de soja, utilizando as variáveis porcentagem de plântulas normais, tamanho das raízes e da parte aérea.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O município de Santa Rosa - Rio Grande do Sul, foi um dos locais onde os primeiros cultivos de soja comercial tiveram início, no ano de 1914, hoje o cultivo de soja é de grande importância para a economia e para o agronegócio brasileiro (MANDARINO, 2017).

A partir do ano de 1970 a soja teve uma larga expansão, vindo a atingir uma produção de 119,3 milhões de toneladas na safra 2017/18, as estimativas em outubro de 2018 para a safra de 18/19 era uma produtividade de 118,2 milhões de toneladas, (CONAB, 2018).

Porém se observou em relatório de Maio de 2019 da CONAB (2019) que, a produção da safra ficará em torno de 114,3 milhões de toneladas, uma redução em 4,2% na produção em relação à safra 17/18, mesmo diante da queda de produtividade em relação à safra passada, a safra deste ano é considerada a segunda maior safra dentre a série histórica da Conab.

Para as altas produtividades alcançadas nas áreas cultivadas com soja o solo precisa de uma boa fertilidade, naturalmente os solos são compostos dos mais variados elementos, estes podem ser oriundos do intemperismo do material de origem ou mesmo podem ser adicionados ao meio, os metais pesados são em grande parte adicionados aos solos pelas práticas adotadas na agricultura.

A ação do homem de diferentes formas contribui para a adição de metais pesados no meio ambiente, algumas formas de adição são: a queima de carvão e combustíveis fósseis, emissão de gases por indústrias, fábricas de fertilizantes, fertilizantes e corretivos agrícolas, mineração, compostos de resíduos urbanos, uso de defensivos, aplicação direta de dejetos de animais nos solos, além de outros produtos utilizados na agricultura (TIECHER, 2014).

Os dejetos suínos apresentam um grande potencial poluente dada a quantidade de animais e a grande produção de dejetos que as unidades produtoras de animais apresentam, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), a região sul no segundo trimestre de 2018, foi responsável por 65,4% dos abates de suínos em âmbito nacional, apenas o estado de Santa Catarina é responsável por 26,4%, e assim lidera o *ranking* nacional de abates.

Em Santa Catarina a suinocultura é uma atividade muito comum em pequenas propriedades, e tem como alternativa, o uso dos dejetos destes animais como fertilizantes em áreas de cultivo de pastagens e culturas anuais de grãos (GIROTTI et al., 2010).

A utilização dos dejetos nas áreas cultivadas torna-se interessante, uma vez que este

possui muitos nutrientes, que são reutilizados na própria unidade produtora, porém muitas propriedades produzem uma quantidade de dejetos que excede a capacidade de suporte dos solos (PEREIRA, DEMARCHI, BUDIÑO, 2009).

E a produção destes dejetos acaba por torná-los um problema dada a grande quantidade produzida e a sua composição, que de acordo com Mattias (2006) pode conter concentrações elevadas de metais pesados, diante disso o uso regular deste resíduo acarretará no aumento das quantidades totais de Cu, Zn, Cd, Fe e Mn nos solos.

Com o uso regular e o passar dos anos a tendência é que o acúmulo excessivo do cobre nos solos ocorra (GITOTTO et al. 2010), isso acontece devido à alta concentração deste elemento no dejetos (GRÄBER et al., 2005).

Segundo Dortzbach (2008), os dejetos quando comparados a um fertilizante químico, apresentam nutrientes em quantidades desproporcionais às que são sugeridas para as culturas, salienta ainda que a composição química dos dejetos está muito ligado a composição nutricional da dieta dos animais que é rica em macrominerais e elevada presença de microminerais como Cu e Zn.

Sabendo que os dejetos suínos apresentam em grandes quantidades micronutrientes, e que para se ter um bom desenvolvimento e crescimento das plantas, estes elementos devem estar presentes nos solos, em quantidades adequadas são essenciais e atuam em várias reações químicas que ocorrem nas plantas (MALAVOLTA, 2006).

O cobre, em quantidades pequenas é considerado um elemento essencial ao desenvolvimento de plantas e animais (LUCHESE, 1985). Cobre, zinco e cobalto, são metais pesados que ocorrem naturalmente nos solos, estes desempenham um papel importante na nutrição vegetal e animal (SILVA et al., 2007).

Como micronutrientes, o cobre faz parte do ciclo bioecológico e desempenha papel essencial no desenvolvimento de plantas. Porém em concentrações elevadas na solução do solo pode se tornar tóxico para as plantas, animais e também ao homem (MARTINS, 2005).

No solo encontramos o cobre, principalmente na forma de um cátion divalente ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Este encontra-se nos minerais primários e secundários, o cobre também pode estar ligado a compostos orgânicos, ou a colóides do solo como um cátion trocável ou mesmo como parte constituinte de um solo (GIROLDO, 2000; LUCHESE, 1985).

De acordo com Malavolta et al. (1997), o cobre tem como umas das características principais, a atuação na fotossíntese, onde aproximadamente 70% do cobre nas folhas está presente nos cloroplastos e proteínas complexas, além de participação em enzimas e também na fixação de  $\text{N}^2$  em leguminosas.

O cobre também atua como um elemento estrutural em várias proteínas que são ligadas a cadeia transportadora de elétrons, em mitocôndrias e cloroplastos, e em resposta ao estresse oxidativo em plantas (GRATÃO et al., 2005; YRUELA, 2009).

O cobre possui uma mobilidade restrita nas plantas, porém é possível que este elemento seja translocado da folhas mais velhas para as mais novas, a mobilidade do cobre depende do teor deste nos tecidos da planta (GIROLDO, 2000; MONTOVANI, 2009).

Sabemos que o limite entre a necessidade e a toxicidade deste elemento é muito pequeno, aspectos relacionados as culturas influenciam diretamente neste aspecto, de modo que, a toxicidade pode variar entre as espécies e o estágio fisiológico de crescimento destas, geralmente os sinais de toxicidade causam redução da biomassa, além de prejudicar as raízes causando nestes tecidos cloroses e também afeta seu desenvolvimento (YADAV et al., 2010).

Quando se observa os efeitos negativos das doses crescentes de cobre sobre as plantas, é possível perceber que a toxidez que este causa se expressa primeiro nas raízes, que ficam escuras e podem perder elementos anteriormente absorvidos, isso indica que ocorre um comprometimento da permeabilidade das membranas celulares (GIROLDO, 2000).

Uma avaliação do efeito de concentrações elevadas de cobre no solo, sobre as plantas pode ser realizada através do desenvolvimento radicular, e também pela interferência que este metal causa diante da absorção de outros nutrientes pela raiz (ALVA et., al 1993).

Para Marsola et al. (2005), o meio mais indicado para monitorar se um solo está contaminado com cobre seria através da análise das raízes das plantas, por que de acordo com a autora, o maior acúmulo de cobre nas raízes torna mais fácil observar-se a pressão de contaminação do solo.

Diante da necessidade deste metal e de seu potencial de para causar dano as estruturas das plantas, Yruela (2009), mostra que para o crescimento das plantas e seu desenvolvimento ocorra de forma saudável, é necessário que o cobre seja absorvido do solo e que ocorra um transporte deste para toda a estruturada planta, de forma que este seja distribuído entre os diversos tecidos das plantas e assim seu conteúdo seja cuidadosamente regulado dentro das diferentes células e organelas da planta, o autor ainda afirma que as plantas possuem mecanismos que regulam as concentrações corretas de íons metálicos, o que pode vir a diminuir o efeito deste metal sobre as estruturas das plantas.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O ensaio foi conduzido na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS Chapecó – SC, durante o mês de Outubro de 2017. Diante do manuseio de materiais contaminados com metais pesados, se fez necessário a utilização do laboratório de Bromatologia, onde as sementes estavam alocadas em rolos de papel germitest e submetidas em câmara germinadora do laboratório de Sementes e Grãos.

### **4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES**

Foram utilizados sementes de soja da Cultivar TMG 7161 RR, que foram adquiridas junto ao comércio situado na cidade de Águas de Chapecó – SC, as sementes de soja pertenciam a safra de 2016/2017, com validade de germinação para Dez/2017.

A soja TMG 7161 RR, possui crescimento indeterminado e é pertencente ao grupo de maturação 5.9, possui uma flor de cor branca, cor do hilo marrom clara, além de possuir resistência a ferrugem asiática, ou seja, possui a tecnologia INOX.

### **4.2 MONTAGEM DO EXPERIMENTO**

Os ensaios foram realizados sob esquema parcelas sub-divididas no tempo em delineamento experimental blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 dias de avaliação, sendo o quinto, sexto, sétimo e oitavo dia (GRANATO; ARES, 2014). Para tal, as sementes foram divididas em 4 lotes com 16 repetições de 50 sementes e cada repetição semeada em substrato de papel Germitest previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. A água utilizada para a embebição de cada um dos lotes foi acrescida de diferentes concentrações de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), de maneira que as concentrações finais de cobre fossem 0, 100, 200 e 300  $\text{mg L}^{-1}$ , gerando quatro diferentes tratamentos.

### **4.3 ENSAIO DE GERMINAÇÃO**

Os rolos de papel foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 25°C com 24 horas de luz disponível (BRASIL, 2009). Os parâmetros foram mensurados em 4 repetições de cada um dos tratamentos, no quinto, sexto, sétimo e oitavo dias após a

semeadura.

#### **4.4 VIABILIDADE DAS SEMENTES**

As avaliações da germinação foram realizadas no quinto, sexto, sétimo e oitavo dias após a semeadura, sendo os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

#### **4.5 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO**

A avaliação do crescimento foi realizada no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia após a semeadura, eliminando-se as plântulas anormais e as sementes mortas e duras. 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<sup>-1</sup> (BRASIL, 2009).

#### **4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Primeiramente as variáveis (% plântulas normais, tamanho de raiz e tamanho da parte aérea) foram submetidas separadamente a análise de variância (teste de F). As comparações de média foram feitas através de regressão e aplicação do teste de tukey a 1% de significância (GRANATO; ARES, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 taxa de germinação da soja, indicando a existência de dependência entre os fatores (Tabela 1).

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 vice-versa), foi possível observar que não existem efeitos significativos entre os dias dentro de cada dose de cobre.

Segundo o mesmo teste, existem ainda efeitos significativos entre as doses de cobre dentro de cada dia, com isso é possível constatar que o efeito das doses de cobre sobre a porcentagem de germinação foi diferenciada nos dias de avaliação, sendo eles o quinto, sexto, sétimo e oitavo dia de avaliação. O efeito do fator dose de cobre dentro dos diferentes dias pode ser observado através das estimativas das equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na Tabela 2.

Diante dos resultados encontrados é possível observar que a porcentagem de germinação teve um aumento quando adicionado até 100 mg L<sup>-1</sup> de cobre em relação a testemunha, a partir desta dose foi possível observar uma diminuição na germinação a medida que a dose ficava maior.

Tabela 1 - Avaliação da germinação da soja em % de plântulas normais.

Época de Avaliação	mg L <sup>-1</sup> de Cobre			
	0	100	200	300
QUINTO	91,00	97,00	86,00	64,50
SEXTO	92,00	97,50	84,50	56,50
SÉTIMO	91,00	96,50	84,00	53,50
OITAVO	90,50	95,00	83,00	51,00
		CV (A) = 5,67%	CV (B) = 6,99%	

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 1% de confiança.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 2 - Equações polinomiais de ordem 2 referentes ao efeito das doses de cobre em cada um dos dias sobre a % de germinação da soja.

Dias	Equações polinomiais de ordem 2	R <sup>2</sup>
Quinto	$y = -0,0007x^2 + 0,1158x + 91,325$	0,9965
Sexto	$y = -0,0008x^2 + 0,1318x + 92,175$	0,9994
Sétimo	$y = -0,0009x^2 + 0,145x + 91$	1,0000
Oitavo	$y = -0,0009x^2 + 0,1433x + 90,325$	0,9995

Fonte: elaborado pelo autor, 2019.

OHSE et al. (2001), em experimento realizado com sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre perceberam que com a aplicação de cobre na dose de 0,135 g kg<sup>-1</sup> as sementes apresentaram uma redução na anormalidade das plântulas de arroz em relação a testemunha, além disso os autores perceberam um aumento na taxa de germinação e uma redução na porcentagem de sementes dormentes ou mortas.

Os resultados de Ohse et al. (2001) certificam o que aconteceu neste experimento, onde também ocorreu um aumento na germinação e por consequência menor porcentagem de plântulas anormais, quando adicionado uma dose de até 100 mg L<sup>-1</sup> de cobre.

Já Gonçalves et al. (2004), que observam para a cultura do milho uma maior germinação da testemunha, e uma diminuição da germinação quando houve aplicação de doses altas de cobre, o autor conclui em seu trabalho que a aplicação de cobre nas sementes de milho prejudica a capacidade de emergência, o que também foi constatado no presente trabalho onde as sementes apresentaram um decréscimo gradual na porcentagem de germinação a medida que a dose foi sendo aumentada a partir de 100 mg L<sup>-1</sup> sendo que as doses de 200 e 300 mg L<sup>-1</sup> influenciaram negativamente na germinação das sementes de soja. Herrera (2016), ao realizar experimento com cultivares de trigo submetidas a diferentes dose de cobre, também observou uma redução no índice de germinação das sementes quando utilizou as duas maiores doses do elemento em seu experimento sendo as doses de 1.000 e 3.333 mg de Cu kg<sup>-1</sup> de semente, ela observou que a diminuição ocorreu pelo aumento no número de plântulas anormais, fato este que também aconteceu neste experimento com soja, onde nas duas maiores doses o número de plântulas anormais também foi maior.

Em teste realizado avaliando os efeitos de metais pesado na germinação de sementes, sendo avaliado o efeito de cádmio, cobre, arsenito e cromato em diferentes espécies Ko et al., (2012) percebeu que o efeito sobre o pepino japonês (*Cucumis sativus* L) se deu da seguinte forma, para este a dose de 40 mg L<sup>-1</sup> de cobre ocorreu uma inibição quase completa da

germinação.

Borges (2015) destaca, que depois que ocorre a entrada de solução pelo tegumento das sementes, a germinação passa nesse momento a depender das reservas de nutrientes presentes na semente estes são responsáveis pelo fornecimento de metabólitos para a respiração. Ko et al., (2012) afirma que a presença em excesso de micronutrientes podem proporcionar a ocorrência de um estresse oxidativo e interferir em atividades de algumas enzimas, como por exemplo, a  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase, estas são responsáveis pela degradação do amido e este é o suprimento em maior quantidade presente nas sementes para o processo germinativo.

De acordo com o teste de variância, (teste de F), não existe interação significativa entre os fatores dias e dose de cobre em relação à variável tamanho da raiz (tabela 3), indicando que não existe dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre e dias isoladamente, demonstrando que os efeitos entre os fatores doses de cobre e dias ocorrem de forma independente. A comparação de médias entre os níveis do fator dias é apresentado na Tabela 3 enquanto que a comparação de médias entre os níveis do fator doses de cobre é representado através da estimativa da equação polinomial de ordem 2 apresentado na tabela 4.

Analisando a (tabela 3), é possível observar que com a dose de 100 mg L<sup>-1</sup> de cobre houve um efeito benéfico em relação ao tamanho das raízes, apresentando aumento no tamanho das radículas quando comparada a testemunha, esse comportamento se explica por que o cobre em concentrações adequadas é considerado um elemento essencial para o bom desenvolvimento das plantas (LUCHESE, 1985; MARTINS, 2005; MALAVOLTA, 2006).

Tabela 3 - Avaliação do tamanho da raiz apresentada em cm plantula<sup>-1</sup> mensurados durante os ensaios de germinação.

Época de Avaliação	mg L <sup>-1</sup> de Cobre				Médias
	0	100	200	300	
QUINTO	3,23	6,63	1,97	1,49	3,33c
SEXTO	3,23	7,94	1,61	1,46	3,94b
SÉTIMO	4,27	8,15	2,57	1,41	4,10b
OITAVO	5,49	8,00	4,01	3,00	5,13a
CV (A) = 15,93%    CV (B) = 18,18%					

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Quando observamos as médias presentes na Tabela 3, percebemos que ocorreu um efeito na época de avaliação, sendo que o dia com maior influência da dose foi o oitavo

diferindo estatisticamente dos demais dias. No quinto dia foram encontrados os menores valores, e em relação ao sexto e sétimo dia é possível constatar que não diferem estatisticamente entre si mas diferem dos demais dias.

Tabela 4 - Equação polinomial de ordem 2 referente ao efeito das doses de cobre sobre o crescimento médio da raiz (cm plantula<sup>-1</sup>).

	Equação polinomial de ordem 2	R <sup>2</sup>
Doses	$y = - 0,00001 x^2 + 0,0167x + 5,075$	R <sup>2</sup> = 0,7985

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Analisando as doses de 200 e 300 mg L<sup>-1</sup> de cobre podemos observar uma redução no tamanho das raízes quando comparados as demais doses, diante disso é possível afirmar que o cobre se mostram tóxico para as raízes da soja. Mantovani (2009), relata que o cobre causa danos no crescimento radicular das plantas, e afirma que este é o principal dano ocasionando pelo excesso do elemento. Outra característica do cobre nas plantas é que, nas raízes ocorre maior acúmulo deste metal (ALVA et al., 1993; MARSOLA 2005).

Para Ambrosini (2016), as alterações que ocorrem nas raízes pelo efeito do cobre, prejudicam o ápice destes tecidos, que são locais extremamente sensíveis, e diante da toxicidade ocorrem modificações, sendo que ocorre uma redução da coifa e uma maturação precoce dos tecidos. Ainda é possível observar casos onde ocorreu a redução da coifa ou mesmo esta não estava presente nas raízes, e a consequência é que as demais regiões das raízes e seu desenvolvimento são comprometidos (AMBROSINI et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2016).

De acordo com o teste de variância, (teste de F), não existe interação significativa entre os fatores dias e dose de cobre em relação à variável tamanho da parte aérea (tabela 5), indicando que não existe dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre e dias isoladamente, demonstrando que os efeitos entre os fatores doses de cobre e dias ocorrem de forma independente, ou seja, dentro do quinto, sexto, sétimo e oitavo dia. A comparação de médias entre os níveis do fator dias é apresentado na tabela 5 enquanto que a comparação de médias entre os níveis do fator doses de cobre é representado através da estimativa da equação polinomial de ordem 2 apresentado na tabela 6.

Tabela 5 - Avaliação do tamanho da parte aérea apresentada em cm plantula<sup>-1</sup> mensurados durante os ensaios de germinação.

Época de Avaliação	mg L <sup>-1</sup> de Cobre				Média
	0	100	200	300	
QUINTO	4,76	3,78	3,45	4,90	3,59b
SEXTO	4,78	4,33	3,71	4,43	4,22a
SÉTIMO	5,00	4,34	3,94	4,63	4,41a
OITAVO	4,90	4,43	4,37	4,30	4,56a
CV (A) = 9,20%    CV (B) = 11,09%					

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Foi possível observar que o tamanho da parte aérea sofreu influência com as doses crescentes de cobre de forma isolada, onde o quinto dia apresentou o menor índice de crescimento para esta variável, diferindo dos outros autores a seguir, que não observaram influência de doses de cobre sobre o crescimento da parte aérea.

Ohse et al. (2001), já haviam relatado que, ao submeter sementes de arroz irrigado isoladamente a concentrações de zinco, cobre, boro e associação dos três elementos, haviam observado que o cobre não apresenta efeito negativo em relação ao crescimento de parte aérea de arroz.

Chaves et al. (2010) em estudo para avaliar o efeito de cobre e zinco sobre o crescimento e acúmulo destes elementos na planta de pinhão-manso, constatou que as diferentes doses de cobre não exerceram influência de forma significativa sobre a altura das plantas, em avaliações aos 50, 70, 90 e 110 dias após a semeadura, o cobre não mostrou influência em nenhum dia de avaliação em relação à altura de plantas.

Os dados encontrados por Ohse et al. (2001) e Chaves et al. (2010) corroboram com o que a tabela 7 mostra para os dias sexto, sétimo e oitavo, estes dias isoladamente, não apresentaram diferença estatística entre si, mostrando assim que as doses de cobre não exerceram influência negativa sobre o crescimento da parte aérea para estes dias.

Tabela 6 - Equação polinomial de ordem 2 referente ao efeito das doses de cobre sobre o tamanho da parte aérea (cm plantula<sup>-1</sup>).

	Equação polinomial de ordem 2	R <sup>2</sup>
Doses	$y = 0,000005x^2 - 0,0071x + 4,8475$	0,9961

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

As plantas podem apresentar uma resistência aos micronutrientes através de um mecanismo de exclusão, em que o elemento se acumula nas raízes e a sua translocação para a parte aérea é impedida, isso ajuda a explicar por que a parte aérea não sofreu tanta influência (RUI et al. 2015).

Montovani (2009), afirma que em solos contaminados, existe uma tendência para que o cobre fique acumulado nas raízes, sem que o mesmo seja translocado para a parte aérea da planta. Girotto et al. (2014) encontrou que videira e aveia preta, cultivadas em solos com altos teores de cobre e zinco apresentaram um maior acúmulo destes metais nas raízes, sendo uma quantidade muito pequena transportada para a parte aérea.

Ambrosini et al. (2015), relata que o transporte do cobre para a folha é controlado de forma eficaz pelas raízes das plantas, evitando que excessos do metal se desloquem até a parte aérea. Dessa forma é possível que os efeitos tóxicos não tenham sido sentidos de forma tão marcante nos folíolos das plântulas de soja, dado o curto período do experimento.

Cordero & Ramírez (1979) afirmam também que em propriedades produtoras de arroz sobre solos contaminados com cobre foi possível encontrar plantas com cloroses de coloração branca na parte aérea das plantas, e que estes sinais apareciam tanto em plântulas como em plantas adultas, além das plantas possuírem um sistema radicular mal desenvolvido e com pouca proliferação de raízes secundárias.

Durante levantamento sobre os efeitos de doses de cobre no crescimento e fisiologia de plantas Adrees et al. (2015) relata que em casos onde ocorre redução no comprimento da parte aérea, esta pode ser causada pela diminuição dos nutrientes minerais e ao aumento de cobre nas plântulas, resultando normalmente em sintomas de clorose.

Feigl et al. (2015) afirma, os efeitos de doses de cobre em plântulas de mostarda (*Brassica juncea*) e de canola (*Brassica napus*) diminuiu significativamente o teor de outros micronutrientes, entre eles o ferro e o manganês para a cultura de *Brassica napus* (L.), e observou como consequência uma menor concentração de pigmentos fotossintéticos nas folhas mais novas da cultura e ainda um inibição do crescimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que o efeito de doses de cobre sobre a porcentagem de germinação foi diferenciado nos dias avaliados, isto é, no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia, mostrando que até a concentração de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de cobre ocorre uma melhora no índice de germinação e redução do número de plântulas anormais, a partir desta dose o cobre se mostra tóxico.

Para o tamanho das raízes até a dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  melhorou o crescimento de raízes, e assim como ocorreu na germinação houve um aumento em relação a testemunha.

Para a avaliação de tamanho de parte aérea conclui-se que existe uma variação isoladamente, ou seja, ocorrendo apenas no quinto dia de avaliação, os demais dias não mostraram diferença estatística para esta variável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADREES, Muhammad et al. The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 11, p. 8148-8162, 2015.

ALVA, A.K.; GRAHAM, J.H.; TUCKER, D.P.H. Role of calcium in amelioration of copper phytotoxicity for citrus. **Soil Science**. Baltimore, v. 155, n.3, p.211-218, 1993.

AMBROSINI, V. G. et al. Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. **Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2016. Acesso em: 10 Jun. de 2019. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1065884>>

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.

BORGES, Karine Sousa Carsten. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de cobertura e forrageiras em exposição a cádmio, cobre e chumbo**. 2015. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015. Disponível em: <[http://www.cav.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/839/tese\\_karine\\_sousa\\_carsten\\_borges\\_.pdf](http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/839/tese_karine_sousa_carsten_borges_.pdf)>. Acesso em: 15 Mai. 2019.

BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.

CHAVES, Lucia Helena Garófalo et al. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-mansão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 167-176, 2010.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, v. 6, p. 1-129, Outubro 2018. ISSN 2318-6852.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, v. 6, p. 1-69, Maio 2019. ISSN 2318-6852.

CORDERO, Alvaro; RAMÍREZ, Gerardo F. Acumulamiento de cobre en los suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. **Agronomía Costarricense**, v. 3, n. 1, p. 63-78, 1979.

DORTZBACCH, D.; LEIS, C.; BITTENCOURT V, H, H.; COMIN, J, J.; FILHO, P, B. Teores de cobre e zinco no solo após sucessivas aplicações de dejetos líquido e cama sobreposta de suínos. **Manejo e conservação de solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. p. 4, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_2550.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_2550.pdf)>. Acesso em: 11 Mar. de 2019.

FEIGL, Gábor et al. Comparando os efeitos do excesso de cobre nas folhas de plântulas de Brassica juncea (L. Czern) e Brassica napus (L.): Inibição de crescimento, estresse oxidativo e dano fotossintético. **Acta Biologica Hungarica** , v. 66, n. 2, p. 205-221, 2015.

GIROLDO, Andrea de Figueiredo. Efeito da aplicação de B, Cu e Mn em soja (Glycine max (L.) Merrill) cultivada sobre um latossolo de Ponta Grossa, Paraná. 2000.

GIROTTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquido de suínos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.955-965, 2010.

GIROTTTO, Eduardo et al. Copper availability assessment of Cu-contaminated vineyard soils using black oat cultivation and chemical extractants. **Environmental monitoring and assessment**, v. 186, n. 12, p. 9051-9063, 2014.

GONÇALVES, Augusto Vaghetti Luchese1 Affonso Celso; LUCHESE, Junior2 Eduardo Bernardi; BRACCINI, Maria do Carmo Lana. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (Zea mays) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, 2004.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of Copper and Zinc in Danish Agricultural Soils in Intensive Pig Production Areas. **Geografisk Tidsskrift-danish Journal Of Geography**, [s.l.], v. 105, n. 2, p.15-22, jan. 2005. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/00167223.2005.10649536.

GRANATO, Daniel; ARES, Gaston (Ed.). **Mathematical and statistical methods in food science and technology**. John Wiley & Sons, 2014.

GRATÃO, P. L. et al. A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, v. 32, n. 6, p. 481-494, 2005.

GUIMARÃES, P. R.; AMBROSINI, V. G.; MIOTTO, A.; CERETTA, C. A.; SIMÃO, D. G.; BRUNETTO, G. Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) growth and root anatomical changes in sandy soil with different copper and phosphorus concentrations. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, n. 192, p. 1-10, 2016.

HERRERA, C. E. F. **Nutripriming em cobre e manganês em sementes de trigo**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós – Graduação em Ciência, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-01082016-185415/pt-br.php>>. Acessado em: 20 Mai de 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Indicadores IBGE: **Estatística da produção pecuária**. Brasília: Gráfica do IBGE, 52p., 2018.

KO, K.S.; LEE, P. K.; KONG, I. C. Evaluation of the toxic effects of arsenite, chromate, cadmium, and copper using a battery of four bioassays. **Environmental Biotechnology**, v. 95, n. 5, p. 1343-1350, 2012.

LUCHESE, E.B. **Disponibilidade do cobre e zinco para as plantas nos solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1985, 106p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas - Princípios e Aplicações**. 2 ed. Piracicaba, SP: Potafós, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**, Piracicaba: CERES, 2006.

MANDARINO, J. M. G. Origem e história da soja no Brasil. Embrapa soja, Distrito de Warta - Paraná, p. 1-12, Abril 2017.

MANTOVANI, Analú. Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais. 2009.

MARSOLA, Tatiana; MIYAZAWA, Mario; PAVAN, Marcos A. Acumulação de cobre e zinco em tecidos do feijoeiro em relação com o extraído do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 92-98, 2005.

MARTINS, SUSUAN CHRISTIAN. **Adsorção e dessorção de cobre em solos sob aplicação de lodo de esgoto e calda bordalesa**. 2005. 99 p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Teses/JORGE-LUIS-MATTIAS-TESE.pdf>>. Acessado em: 25 Abr. 2019.

OHSE, S. et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 7/8, n.1, p. 41-50, 2001.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_3/QAmbiental/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm)>. Acesso em: 09/04/2019.

RUI, H. et al. Cd-induced oxidative stress and lignification in the roots of two *Vicia sativa* L. varieties with different Cd tolerances. **Journal of Hazardous Materials**, v. 15, p. 30045-30050, 2015.

SILVA, de Souza, Maria Ligia; VITTI, Godofredo Cesar; TREVIZAM, Anderson Ricardo. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 527-535, 2007.

TIECHER, T. L. **Alterações fisiológicas em milho cultivado em solo com alto teor de cobre e submetido à aplicação de zinco**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5578/TIECHER%2c%20TADEU%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 Abr. 2019.

YADAV, S. K. Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 2, p. 167-179, 2010.

YRUELA, I. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v. 36, p. 409-430, 2009.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Quadro de análise de variância (% de germinação)

### ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	3,688				
DOSES DE COBRE	3	15292,188	5097,4	1327,35	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	15330,438				
RESÍDUO (A)	15	34,563	3,840			
DIAS	3	197,188	65,729	27,28	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	253,063	28,118	11,67	2,96	F(0,01;9;36)
RESIDUO B	36	86,750	2,410			
TOTAL	63	15867,438				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X DIAS + GL DO FATOR DOSES Cu

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DOSES(QUINTO DIA)	3	2402,750	800,917	332,37	4,39	F(0,01;3;36)
DOSES(SEXTO DIA)	3	3980,750	1326,917	550,65	4,39	F(0,01;3;36)
DOSES(SÉTIMO DIA)	3	4421,000	1473,667	611,55	4,39	F(0,01;3;36)
DOSES(OITAVO DIA)	3	4740,750	1580,250	655,78	4,39	F(0,01;3;36)
DOSES(DIAS)	12	15545,250				
RESIDUO	15	86,750	2,410			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X DIAS + GL DO FATOR DIAS

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DIAS(DOSE ZERO)	3	4,750	1,583	0,00	4,39	F(0,01;3;36)
DIAS(DOSE 100)	3	14,000	4,667	0,01	4,39	F(0,01;3;36)
DIAS(DOSE 200)	3	18,750	6,250	0,01	4,39	F(0,01;3;36)
DIAS(DOSE 300)	3	412,750	137,583	0,17	4,39	F(0,01;3;36)
DIAS(DOSES)	12	450,250				
RESIDUO	3	34,563	800,917			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

**APÊNDICE B** – Quadro de análise de variância (comprimento radicular)

**ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F**

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	5,506				
DOSES DE COBRE	3	327,349	109,116	202,06	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	337,715				
RESÍDUO (A)	15	4,860	0,540			
DIAS	3	26,728	8,909	6,72	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	10,659	1,184	0,89	2,96	F(0,01;9;36)
RESÍDUO B	36	47,754	1,327			
<b>TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>422,857</b>				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

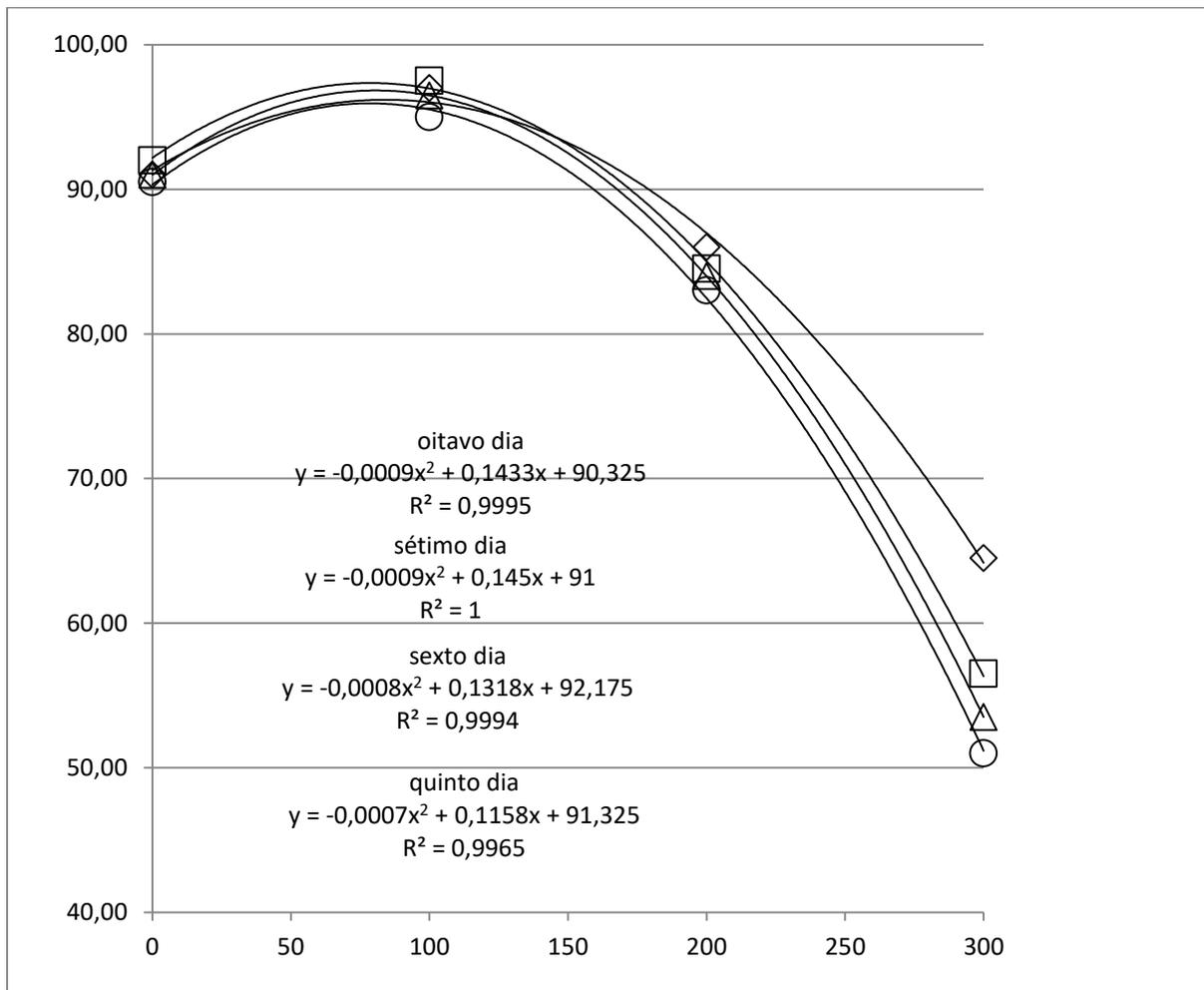
**APÊNDICE C** – Quadros de análise de variância (comprimento da parte aérea)

**ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F**

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	0,228				
DOSES DE COBRE	3	11,068	3,689	17,52	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	13,190				
RESÍDUO (A)	15	1,895	0,211			
DIAS	3	8,847	2,949	4,90	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	6,245	0,694	1,15	2,96	F(0,01;9;36)
RESÍDUO B	36	21,672	0,602			
<b>TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>49,955</b>				

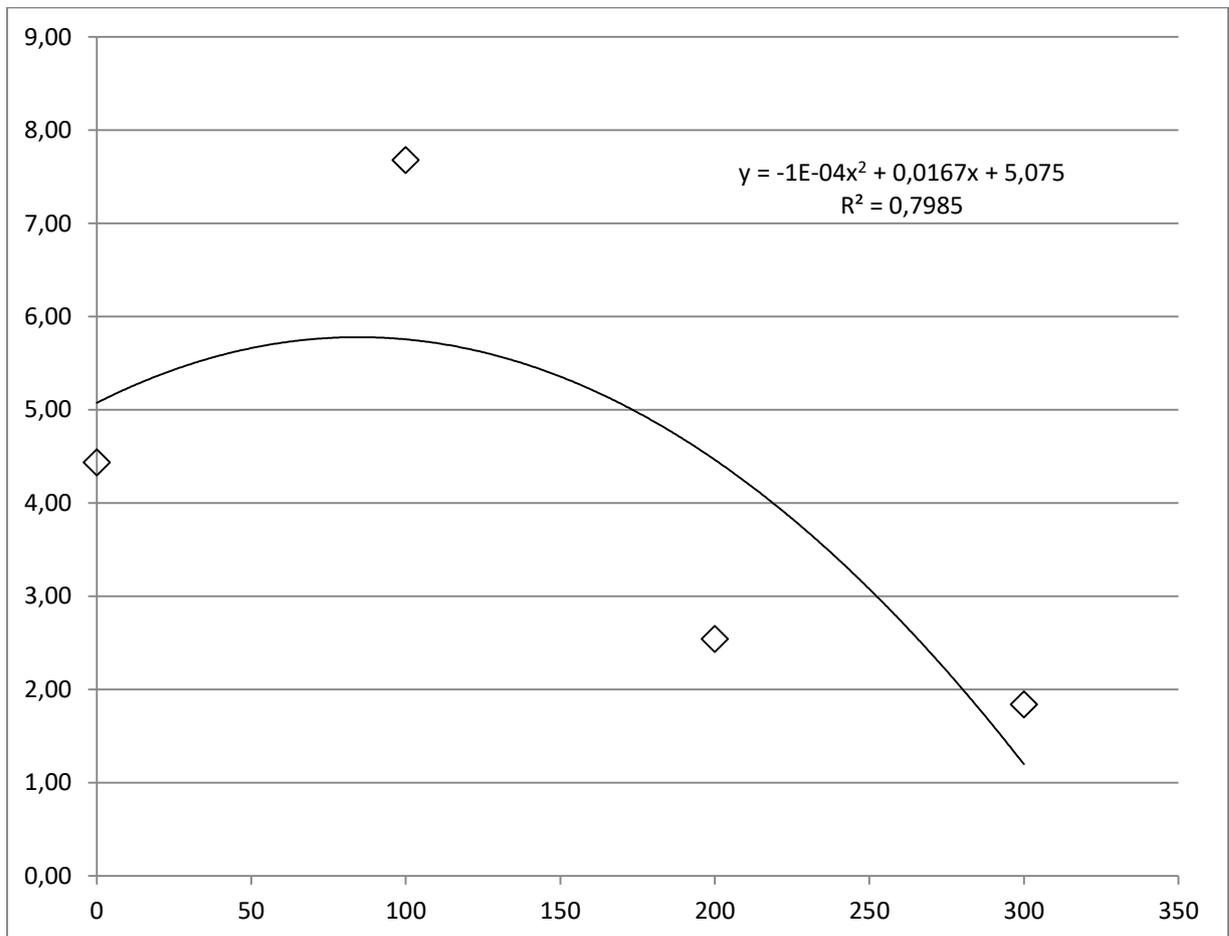
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

**APÊNDICE D** – Equação polinomial de grau 2 referente às doses de cobre sobre a taxa de germinação.



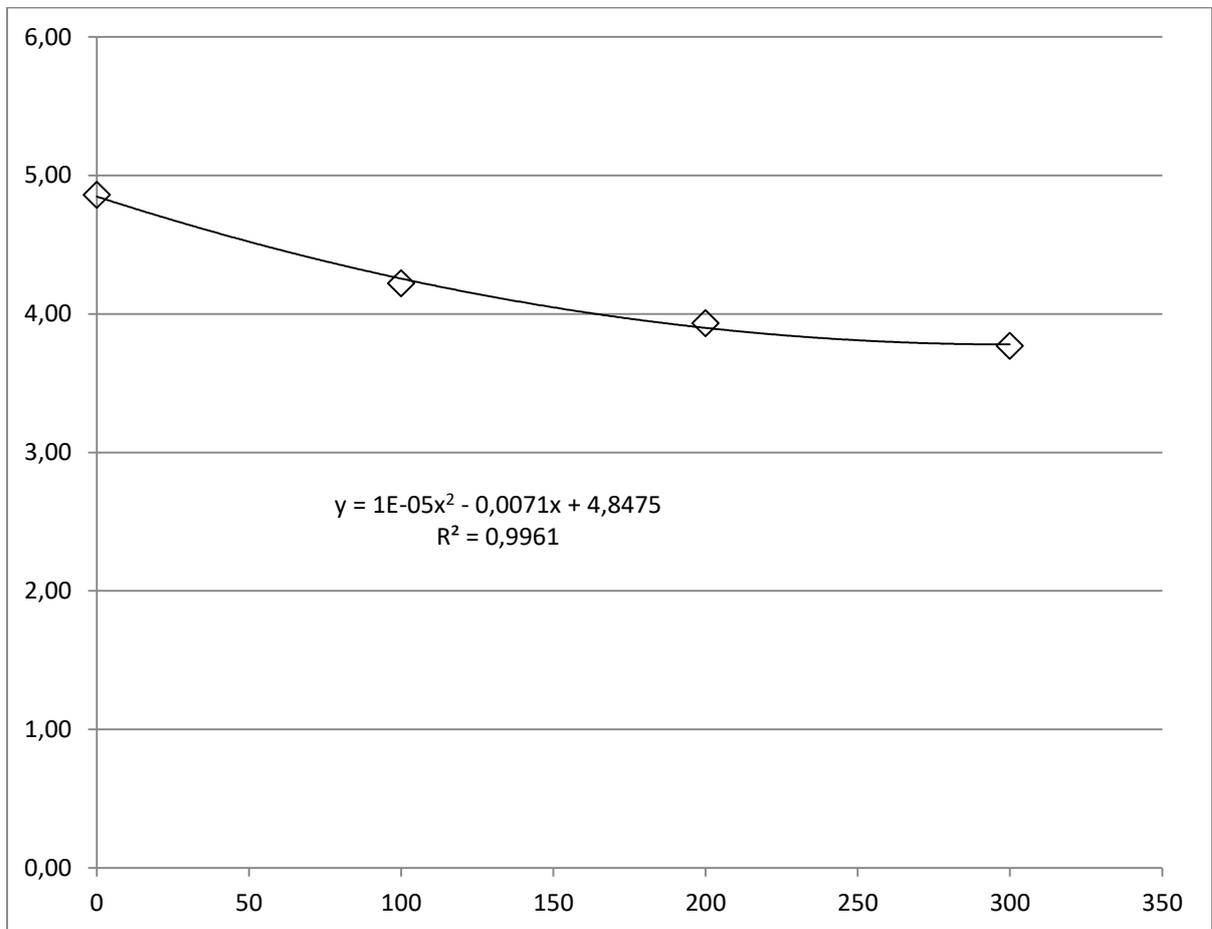
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

**APÊNDICE E** – Equações polinomiais de segundo grau referente às doses de cobre sobre o tamanho da raiz.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

**APÊNDICE F** – Equação polinomial de segundo grau referente às doses de cobre sobre o tamanho da parte aérea.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.