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

MARCELO HATTJE

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Zea mays* SUBMETIDAS À CONCENTRAÇÕES DE COBRE

CHAPECÓ 2017

MARCELO HATTJE

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Zea mays* SUBMETIDAS À 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 2017

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Marcelo Hattje

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Zea mays* SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE/ Marcelo Hattje. -- 2017.

30f

Orientador: Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Chapecó, SC, 2017.

1. Metal pesado. 2. Toxicidade. 3. Milho. I. Silva, Samuel Mariano Gislon da, oriente. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MARCELO HATTJE

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Zea mays* SUBMETIDAS À CONCENTRAÇÕES DE COBRE

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

Orientador: Prof. Dr. SAMUEL MARIANO GISLON DA SILVA

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 21/07/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva
Orientador

Prof. Dr. Paulo Roger Lopes Alves
1º Examinador

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi
2º Examinador

RESUMO

O cobre está naturalmente presente nos solos, oriundo do intemperismo do material de origem e sendo essencial para o bom desenvolvimento das plantas. No entanto, devido à ação do homem, o nível deste metal nos solos tem alcançado concentrações tóxicas, sendo uma das principais formas de aporte a aplicação de dejeto suíno utilizado como fertilizante. O presente trabalho aborda um dos metais em maior quantidade na maioria deste tipo de dejeto, o cobre, elemento que auxilia em vários processos no organismo animal, sendo exigido também pelas plantas, porém em baixas concentrações, sendo tóxico nas mesmas em alta quantidade. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos de concentrações tóxicas e subtóxicas de cobre sobre a germinação e crescimento de plântulas de milho. Foi realizado um ensaio em esquema parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições. As sementes da cultivar 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 ($CuSO_4$), de maneira que as concentrações finais sejam de cobre fossem 0,0, 100,0, 200,0 e 300,0 mg/L, gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 25ºC, sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento no quarta, quinto, sexto e sétimo dias após a semeadura. O cobre afetou a taxa de germinação inicial e o tamanho das raízes de *zea mays*, não apresentando influência no tamanho da parte aérea.

Termos de indexação: Metal pesado, Toxicidade, Milho.

ABSTRACT

Copper is a chemical element which is naturally present in soils. It is originated from the weathering of parent material and is essential for the proper development of plants. However, due to the action of man, the level of this metal in the soil has reached toxic concentrations, mainly because of pig manure usage as a fertilizer. The present work deals with one of the more concentrated metals found in pig manure, copper, which is an element that assists in several processes in the animal body and that is also required by plants, but in low concentrations, as high concentrations cause toxicity to plants. This work aimed at verifying the effects of toxic and sub-toxic concentrations of copper on the germination and growth of corn. A scheme in test plots sub-divided in randomized blocks, with cross-classification and three replicates was used in this work. The kernels of the cultivar were divided into 4 batches with 12 replicates containing 50 kernels each. The kernels were sown in pre-moistened paper towels soaked with a volume of water 2.5 times greater than the weight of the towel. The water used to soak the 4 batches was added with different concentrations of copper sulfate ($CuSO_4$), so that the final concentrations of cooper were 0, 100, 200 and 300 mg/L. The paper rolls were kept in germination chambers at constant temperature (25ºC), and the evaluations were performed, for the three replicates of each treatment, on the fifth, sixth and seventh days after sowing. Copper affected the initial germination rate and root size, however it did not affect the shoot size.

Keywords: Heavy metal, Toxicity, Corn.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Avaliação da germinação do milho LG 6033 apresentada em % de plântulas normais……...15

Tabela 2. Índice de velocidade da germinação 15

Tabela 3. Comprimento das raízes plantula^{-1} mensurados durante os ensaios de germinação.16

Tabela 4. Equações linear referente ao efeito das doses de cobre sobre o crescimento médio da parte aérea (cm plântula^{-1}) do milho LG 6033.....17

Tabela 5. Comprimento da parte aérea das plântulas de milho (cm plântula^{-1}) mensurados durante os ensaios de germinação do milho LG 6033..... 18

Tabela 6. Tamanho médio da parte aérea (cm plântula^{-1}) mensurados durante os ensaios de germinação.....18

Tabela 7. Equação linear referente ao efeito das doses de cobre sobre o crescimento médio da parte aérea (cm plantula^{-1}).....18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 9
3 OBJETIVOS 12
3.1 OBJETIVO GERAL 12
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 12
4 MATERIAL E MÉDODOS 13
4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES 13
4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO 13
4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES 13
4.4 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO 14
4.5 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO 14
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA 14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 15
6 CONSIDERAÇOES FINAIS 19
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 20
APÊNDICE A – Quadro de análise de variância (% de germinação) 26
APÊNDICE B – Quadro de análise de variância (comprimento radicular) 27
APÊNDICE C – Quadros de análise de variância (comprimento da parte aérea) 28
APÊNDICE D – Equações polinomiais de segundo grau referente às doses de cobre sobre o tamanho da raiz 29
APÊNDICE E – Equação polinomial de segundo grau referente às doses de cobre sobre o tamanho da parte aérea 30

1 INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina é o maior produtor de suínos do país, com cerca de 6,27 milhões de cabeças (IBGE, 2015) e em torno de 8 mil suinocultores (SILVA & BASSI, 2012). Apesar da inegável importância desta atividade para o desenvolvimento regional, os impactos ambientais decorrentes da mesma têm gerado preocupação para os órgãos públicos e privados.

Em função da alta concentração de animais, os dejetos de suínos podem exceder a capacidade de absorção dos ecossistemas locais, sendo causa potencial da contaminação dos solos por metais, como o cobre (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO;, 2009). Segundo Mattias (2006) e Basso et al. (2012), o cobre é um dos principais elementos com maior probabilidade de acúmulo em solos que recebem sucessivas aplicações de dejeto líquido de suínos.

O cobre é um elemento essencial para as plantas, participando de reações enzimáticas e processes metabólicos, responsáveis pelo crescimento da planta.

A exigência em cobre, para a maioria das culturas, não atinge 1 kg ha^{-1}, sendo que os teores adequados no solo variam de 2 a 100 mg kg^{-1} de solo (PINTA, 1975). Na planta, os teores adequados e tóxicos variam, respectivamente de 18-67 e 100-673 mg kg^{-1} de matéria seca da parte aérea (FAGERIA, 2000). Devido ao baixo requerimento deste micronutriente, elevadas doses podem causar toxicidade às plantas, provocando distúrbios metabólicos, causando diminuição no crescimento das raízes e da parte aérea, deficiência nos parâmetros fotossintéticos, refletindo na fotoinibição, além de ocasionar estresse oxidativo (TEICHER, 2014). Em milho, o principal sintoma da toxicidade é a clorose internerval (MCBRIDE, 2001).

São raros os trabalhos na literatura sobre os efeitos da desordem nutricional referentes à toxidade do cobre em plântulas de milho. Diante deste contexto e da importância da cultura, objetivou-se verificar os efeitos de concentrações tóxicas e subtóxicas de cobre sobre a germinação e crescimento de plântulas de milho cultivadas em câmara de germinação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os metais pesados compreendem em torno de 40 elementos, que apresentam densidade mínima de 6,0 g cm^{-3} (ALLOWAY, 1995). Muitos destes metais, como o cobre são essenciais para o crescimento de organismos eucariotos e/ou procariotos, sendo exigidos em concentrações muito pequenas. Contudo, em altas concentrações, se tornam extremamente tóxicos, afetando animais, plantas e microrganismos (TREVORS, STRATTON, GADD, 1986; VOLESKY, 1990).

O cobre é o vigésimo quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, apresentando número atômico 29 com massa atômica 63,546 (LEE, 1999). A sua essencialidade como um micronutriente para plantas foi estabelecida pela primeira vez pelos pesquisadores Lipman & Mcknney em 1931 (MARSCHNER, 1986).

Os solos são naturalmente compostos por vários elementos, entre eles os metais pesados, oriundos do intemperismo do material de origem. Em solos com influência antropogênica, as fontes de adição de metais pesados são as emissões atmosféricas provenientes de indústrias metalúrgicas, fábricas de fertilizantes, combustão de carvão e combustíveis fósseis, mineração e incineradores, além da aplicação direta no solo de biossólidos, dejetos de animais, compostos de resíduos urbanos, fertilizantes e corretivos agrícolas, defensivos e outros produtos utilizados na agricultura (TEICHER, 2014). Estes materiais contribuem com quantidades variáveis para a entrada de metais pesados no ambiente.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), somente no segundo trimestre de 2015, em Santa Catarina foram abatidos mais de 2,5 milhões de suínos. Neste estado, a suinocultura é uma atividade desenvolvida em pequenas propriedades, onde os dejetos produzidos são utilizados como fertilizantes em áreas com culturas anuais de grãos e com pastagens (GIROTTO et al., 2010). Isso é desejável, uma vez que os nutrientes contidos nos dejetos são reutilizados na própria unidade de produção. No entanto, em muitas propriedades a quantidade de dejetos produzida excede a capacidade de suporte dos solos (PEREIRA, DEMARCHI, BUDIÑO, 2009), sendo os mesmos aplicados continuamente nas mesmas áreas, em frequências e quantidades excessivas em relação à capacidade de absorção pelas plantas cultivadas (BASSO, 2003; BERWANGER, 2006). Como consequência, devido à alta concentração de elementos-traço como o cobre nos dejetos (GRÄBER et al., 2005), espera-se, ao longo dos anos, o acúmulo excessivo desse elemento no solo (GIROTTO et al., 2010).

Geralmente o cobre é absorvido pelas plantas como cátion divalente (Cu^{2+}) (DECHEN et al., 1999), mas a um pH elevado pode ser absorvido como cátion ($Cu(OH)_2$) (SPOSITO, 1989; ALLOWAY, 1995; KABATA-PENDIAS, 2001).

A forma de translocação da raiz para a parte aérea ocorre no xilema e floema, onde o metal é circundado por compostos orgânicos nitrogenados, tais como os aminoácidos (BAKER, 1990).

O cobre é um micronutriente que atua como elemento estrutural de várias proteínas, envolvidas na cadeia transportadora de elétrons, na mitocôndria e cloroplastos, bem como na resposta ao estresse oxidativo em plantas (GRATÃO et al., 2005; YRUELA, 2009). Está também envolvido no metabolismo da parede celular, sinalização de hormônios, no metabolismo de proteínas e mobilização do ferro (PILON et al., 2006; YRUELA, 2005).

Atua como um cofator enzimático de várias enzimas, também atuando, em nível molecular, na sinalização da transcrição, na fosforilação oxidativa e na mobilização de ferro (Fe) (YRUELA, 2005).

Devido ao baixo requerimento deste micronutriente, elevadas doses podem causar toxicidade às plantas (VAN ASSCHE & CLIJSTERS, 1990). A toxidade depende da espécie e do estádio fisiológico de crescimento, sendo que em geral os sintomas podem causar a redução de biomassa, sintomas de clorose e afetar o desenvolvimento das raízes (YADAV et al., 2010).

O excesso de cobre causa alterações na fotossíntese, através de distúrbios no transporte de elétrons, redução no número de cloroplastos e danos à estrutura da membrana dos tilacóides (SANDMANN & BÖGER, 1980; CISCATO et al., 1997). Causa estresse oxidativo na planta, por meio da geração de espécies reativas de oxigênio (BENAVIDES et al., 2005). Exerce efeitos deletérios sobre a estrutura e funções das raízes (JENSEN e ADALSTEINSSON, 1989; ADALSTEINSSON et al., 1997), reduzindo o crescimento ou causando necrose nas raízes absorvente (SOARES et al., 2000).

Também ocasiona deficiência nos parâmetros fotossintéticos, uma vez que leva à diminuição no transporte fotossintético de elétrons mediado pelo fotossitema (FS) II e aumento no mediado pelo fotossintema (FS) I. Estas alterações no transporte fotossintético de elétrons afetam o status redox do estroma e acarretam variações nos níveis de componentes estromais, como nucleotídeos de piridina (DHIR et al., 2008; TEICHER, 2014).

Em milho, os sintomas de toxicidade podem alterar o crescimento das raízes de plantas cultivadas em solos com alto teor de cobre disponível. Entre estas, são citadas ramificações

anormais, engrossamento, coloração escura e redução do alongamento (MARSHNER, 1995; SHELDON; MENZIES, 2005; KOPPITKE; MENZIES, 2006; PAVLÍKOVÁ et al., 2007). O excesso de Cu na parte aérea das plantas afeta importantes processos, como o transporte de elétrons na fotossíntese (YRUELA, 2005), provocando também redução do conteúdo de clorofila e alterações na estrutura dos cloroplastos e na composição das membranas dos tilacóides (PÄTSIKKÄ et al.,1998; QUARTACCI et al., 2000). Como resultado, ocorre redução na biomassa e sintomas de clorose (BERNAL et al., 2006). Além disso, o excesso de Cu induz a redução da concentração de ferro na parte aérea, com consequente clorose internerval em plantas de trigo (MICHAUD et al., 2008) e de milho (McBRIDE, 2001).

Em Santa Catarina, na safra 2014/2015, mais de 480 mil hectares foram cultivados com milho (IBGE, 2015). De uma maneira geral, a demanda mundial por milho vem aumentando nos últimos anos, impulsionada pelo crescimento econômico dos países asiáticos e pela utilização do cereal nos Estados Unidos para a produção de etanol. Além disso, o consumo interno também tem aumentado de forma considerável em decorrência do crescimento do setor de carnes, mais especificamente de aves e suínos (PAVÃO; FERREIRA FILHO, 2011)

Segundo Duarte, Garcia e Miranda (2011) o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho. PAVÃO; FERREIRA FILHO, (2011) explicam que a importância do milho no Brasil é ampla, primeiro porque sua produção ocorre tanto em pequenas propriedades, cuja finalidade é a subsistência, quanto em grandes extensões de terras para abastecer o mercado; segundo, porque sua importância nutricional torna-o amplamente utilizado, não apenas na alimentação humana, mas principalmente em ração animal.

.

3 OBJETIVOS

Os objetivos serão divididos em geral e específicos.

3.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a influência do cobre na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de milho.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar o efeito de doses crescentes de cobre sobre o processo de germinação e desenvolvimento de plântulas de milho, utilizando os parâmetros germinação, velocidade da germinação, tamanho da raiz e tamanho da parte aérea para diagnosticar os efeitos.

4 MATERIAL E MÉDODOS

A seguir serão apresentados os materiais e métodos, que foram utilizados para a realização deste trabalho.

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

Foram utilizadas sementes da variedade de milho híbrido simples LG 6033, obtidas junto a Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Chapecó/SC.

4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes e grãos (sala 1), da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Chapecó.* O ensaio foi planejado sob esquema parcelas subdivididas no tempo em delineamento experimental inteiramente casualizado, com classificação cruzada e 4 repetições (ARES & GRANATO, 2014). Para tal, as sementes foram divididas em 4 lotes de 16 repetições com 50 sementes e cada repetição semeada em substrato de papel para germinação de sementes (J. Prolab®) 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 ($CuSO_4$), de maneira que as concentrações finais de cobre fossem 0, 100, 200 e 300 mg/L, gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores (ELETROlab®, modelo 202/4) a temperatura constante de 25ºC, com fotoperíodo constante de 24 horas, sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento no quarto, quinto, sexto e sétimo dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES

A avaliação das plântulas viáveis foi realizada no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a semeadura, nesta avaliação foi quantificado as plântulas anormais, e sementes duras e mortas, sendo os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

4.4 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

A velocidade de germinação foi calculada pela fórmula proposta por Edmond & Drapala (1958): VG = [(D1 x P1) + (D2 x P2) + (D3 x P3) + (D4 x P4)] / (P1 + P2 + P3 + P4), onde VG é a velocidade de germinação expressa em dias médios para a germinação; D1, D2, D3 e D4 correspondem aos números de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e quarta contagem respectivamente; P1, P2, P3 e P4 correspondem ao número de plântulas normais na primeira, segunda, terceira e quarta contagem respectivamente.

4.5 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO

A avaliação do crescimento foi realizada no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a semeadura, eliminando-se as plântulas anormais e as sementes mortas. Com auxílio de uma régua milimétrica, foi mensurado o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea e os resultados médios expressos em cm plântula^{-1} (BRASIL, 2009).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (teste de F a 5 %) foi utilizada para analisar as variáveis. As comparações da média de cada repetição foram feitas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ou regressão, ambos a 5% de confiança (ARES; GRANATO, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e doses de cobre em relação à variável taxa de germinação do milho (tabela 1), 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 vice-versa), foi possível observar que existem efeitos significativos entre a época de avaliação dentro de cada dose de cobre, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na tabela 1.

Segundo o mesmo teste, não existem efeitos significativos entre as doses de cobre dentro de cada época de avaliação.

Tabela 1. Avaliação da germinação do milho LG 6033 apresentada em % de plântulas normais.

Época de avaliação	mg/L de Cobre			
	0	100	200	300
QUARTO	96,00	97,00 a	75,50 a	76,50 a
QUINTO	95,00	83,75 a	68,00 a	45,00 b
SEXTO	78,50	17,50 b	8,50 b	5,00 c
SÉTIMO	79,50	9,00 b	12,50 b	0,00 c
CV (A) = 18,4% CV (B) = 22,5 %				

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 1% de confiança.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O índice de velocidade da germinação pode ser observado na tabela 2, sendo possível verificar que o mesmo não variou ao longo dos tratamentos.

Tabela 2. Índice de velocidade da germinação.

mg/L de cobre			
0,0	100	200	300
3,97	4,06	4,00	4,69

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Luchese et al (2004) já havia demonstrado que a aplicação de cobre em sementes de milho em doses de 1 a 6g kg^{-1} diminuem a capacidade de emergência das sementes, porém sem afetar o peso seco das plântulas que emergiram.

Melania-Nicoleta & Micle, 2015, utilizando concentrações de cobre entre 0 e 100 mg/L em testes de germinação similares aos deste experimento, observaram que após 7 dias a taxa de germinação aumentou com 10 mg/L de cobre, caindo 50% com 50 mg/L e à zero com 100 mg/L.

Bashmakov et al., 2005 observaram um aumento na taxa de germinação, em relação à testemunha, aos sete dias quando submeteram sementes de milho uma concentração de 63,54 mg/L de cobre. Quando elevaram as concentrações para acima 63,54 mg/L observaram acentuada queda na taxa de germinação.

Segundo Alaqui-Sossé et al., 2004, o excesso de cobre inibe o alongamento celular, um processo complexo dependente da pressão do turgor celular, síntese de componentes da parede e reguladores de crescimento, afetando fortemente a germinação.

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 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 época de avaliação (e vice-versa) foi possível observar efeito significativo para o fator época de avaliação dentro de cada dose de cobre nos níveis 200 e 300 mg/L, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na tabela 3. Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre dentro de cada época da avaliação, isto é, nos quinto, sexto e sétimo dias, sendo que este efeito pode ser observado através das estimativas das equações lineares de 2º grau apresentadas na tabela 4.

Tabela 3. Comprimento (cm raiz^{-1}) das raízes plantula^{-1} mensurados durante os ensaios de germinação.

Dias Após a Germinação	mg/L de Cobre			
	0	100	200	300
QUARTO	7,11	8,44	12,40 a	11,09 a
QUINTO	5,14	9,78	10,68 a	10,52 a
SEXTO	4,77	5,37	4,95 b	7,37 a
SÉTIMO	4,63	4,32	3,64 b	0,00 b
CV (A) = 11,9% CV (B) = 11,5%				

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 1% de confiança.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 4. Equação linear referente ao efeito das doses de cobre sobre o crescimento médio da raíz (cm plantula^{-1}) do milho LG 6033.

Dias	Equação polinomial de segundo grau	R^2
Quinto	$y = 1,2x^2 + 7,7042x – 1,2298$	0,9823
Sexto	$y = 0,4562x^2 + 1,5438x + 6,0527$	0, 8263
Sétimo	$y = -0,8338x^2 + 2,7129x + 2,6178$	0, 9761

Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Para o cobre, o comportamento quadrático do comprimento das raízes demonstra sua função na fisiologia do milho como promotor de crescimento **(Tabela 4)**, talvez evidenciando sua participação como ativador enzimático (YRUELA, 2005). Verifica-se que no quinto dia o comprimento das raízes aumentou até 74,4% com relação à testemunha, quando adicionado até 300 mg/L de cobre. No entanto, no sétimo dia, a dose de 300 mg/L de cobre provocou a maior declividade da curva de % de germinação (21,14% em relação à dose 100 mg/L). O cobre pode ser considerado tóxico nessa concentração, uma vez que a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) considera nível tóxico o teor de metal que provoca a redução de 50% do crescimento (KING, 1996). Na Europa, este índice cai para 25% (SAEFL, 1998).

Este efeito quadrático já havia sido observado por Barbosa et al. (2013), que testou a aplicação foliar de diferentes doses de cobre frente aos parâmetros área foliar, teor de clorofila, diâmetro da folha, mil pesos de grãos e rendimento. Os autores concluíram que em doses mais baixas o cobre promove um aumento de crescimento e, consequentemente um aumento de rendimento, enquanto que em doses elevadas se torna tóxico para a cultura.

Melania-Nicoleta & Micle (2015) observaram um aumento no comprimento das raízes em concentrações de cobre até 10 mg/L. Concentrações em torno de 50 mg/L causaram sérios problemas de nanismo e má formação.

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 comprimento da parte aérea (tabela 5), indicando que não existe dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para os fatores doses de cobre e dias isoladamente, demonstrando que os efeitos entre estes fatores ocorrem de forma independente. A comparação de médias entre os níveis do fator dias é representada na tabela 6, enquanto que a comparação de médias entre os níveis do fator doses de cobre é representado através da estimativa da equação linear apresentado na tabela 7.

Tabela 5. Comprimento da parte aérea das plântulas de milho (cm plantula^{-1}) mesurados durante os ensaios de germinação do milho LG 6033.

Dias Após a Germinação	mg L^{-1} de Cobre			
	0	100	200	300
QUARTO	1,84	3,79	3,91	3,58
QUINTO	2,54	3,80	5,12	5,56
SEXTO	1,74	3,01	2,39	1,95
SÉTIMO	0,94	0,38	1,24	0,00
CV (A) = 13,2 % CV (B) = 14,3 %				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 6. Comprimento médio da parte aérea (cm plântula^{-1}) mensurados durante os ensaios de germinação.

Época	cm Plântula^{-1}
QUARTO	3,2815 ab
QUINTO	4,2525 a
SEXTO	2,2731 bc
SETIMO	0,6398 c

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 1% de confiança.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 7. Equação linear referente ao efeito das doses de cobre sobre o comprimento médio da parte aérea (cm plantula^{-1}).

	Equação polinomial de segundo grau	R^2
Doses	$y = -0,3429x^2 + 2,0591 + 0,0357$	0,9969

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O excesso de cobre é conhecido por causar a redução do crescimento da parte aérea, uma vez que causa distúrbios no transporte de elétrons, redução no número de cloroplastos e danos à estrutura da membrana dos tilacóides (SANDMANN & BÖGER, 1980; CISCATO et al., 1997).

Além disto, altas concentrações de cobre inibem enzimas como as amilases, responsáveis por degradar as reservas de amido do endosperma das sementes (DAS-GUPTA & MUKHERJI, 1977), prejudicando o crescimento das plântulas.

São necessárias várias pesquisas mais aprofundandas para obter um resultado final de qual é a quantidade de dejetos suínos recomendado para o uso em áreas cultivadas com milho que seja benéfica para o solo e a cultura.

Seganfredo (1999), demonstrou que é imprescindível considerar que o sistema solo/planta é incapaz de reciclar os dejetos suínos, enquanto persistir o desequilíbrio entre sua composição quimíca e as quantidades de nutrientes requeridas pelas plantas.

Independentemente do tipo de solo e região (FAGERIA, 1989), o ponto de partida para tornar auto-sustentáveis os sistemas agrícolas adubados com dejetos de suínos é a diminuição da sua carga poluente, destacando a quantidade de matéria orgânica e de nutrientes.

6 CONSIDERAÇOES FINAIS

Foi observada interação significativa entre os fatores época de avaliação e dose de cobre em relação à variável taxa de germinação, indicando que existe dependência entre os fatores. O efeito das doses de cobre sobre a taxa de germinação ao longo dos dias avaliados foi diferenciado para cada dose, não havendo diferenças entre as doses avaliadas para este parâmetro.

Foi observada interação significativa entre os fatores época de avaliação e doses de cobre em relação à variável comprimento das raízes, indicando que existe dependência entre os fatores.

O efeito do fator época de avaliação dentro de cada dose de cobre nos níveis 200 e 300 mg/L ficou evidenciado, também sendo possível observar efeito significativo para o fator doses de cobre dentro de cada época de avaliação, isto é, nos quinto, sexto e sétimo dias.

Não foi observada interação significativa entre os fatores época de avaliação e dose de cobre em relação à variável tamanho da parte aérea, indicando que não existe dependência entre os fatores. No entanto, foi possível observar efeito significativo para os fatores doses de cobre e época de avaliação isoladamente, demonstrando que os efeitos entre estes fatores ocorrem de forma independente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADALSTEINSSON, S. et al. Monoting copper-induced in fine root geometry of birch (Betula pendula) using nutrient film technique. **Physiologia Plantarum**, Rockville, v. 99, n. 3, p. 379-384, 1997.

ALAOUI-SOSSE, B. et al. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. **Plant Science**, v.166, p.1213-1218, 2004.

ALLOWAY, B. I. The origins of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B. I. **Heavy metals in soils**. 2. ed. New York: John Wiley, 1995. cap.3, p.38-57.

ARES, G.; GRANATO, D. **Mathematical and statistical methods in food science and technology**. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014. 536p.

BARBOSA, R.H., L.A. TABALDI, F.R. MIYAZAKI, M. PILECCO, S.O. KASSAB, D. BIGATON (2013): Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. **Ciência Rural**, 43: 1561–1568.

BASHMAKOV, D.I., A.S. LUKATKIN, V.V REVIN, P. DUCHOVSKIS, A. BRAZAITYTE, K. BARANAUSKIS: Growth of maize seedlings affected by different concentrations of heavy metals. **Ekologija**, 3, 22-27 (2005).

BASSO, C. J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos.** 2003. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BASSO, C. J. et al. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejeto líquido de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p.653-659, 2012.

BENAVIDES, M.P.; GALLEGO, S.M. & TOMARO, M.L. **Cadmium toxicity in plants**. Braz. J. plant. Physiol., 17:21-34, 2005.

BERNAL, M.; RAMIRO, M.V.; CASES, R.; PICOREL, R.; YRUELA, I. Excess copper effect on growth, chloroplast ultrastructure, oxygen-evolution activity and chlorophyll fluorescence in Glycine max cell suspensions. **Physiologia Plantarum**, v.127, p.312-325, 2006.

BERWANGER. A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejeto líquido de suínos.** 2006. 105 f. Dissertação 101 (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

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

CISCATO, M., R.; VALCKE, K.; VAN LOVEN, H.; CLIJSTER. S; NAVARI-Izzo, E.: Effects of in vivo copper treatment on the photosynthetic apparatus of two Triticum durum cultivars with different stress sensitivity. **Physiol. Plant**. v.100, p.901-908, 1997.

DASGUPTA, B., MUKHERJI, S.: Effects of toxic concentrations of copper on growth and metabolism of rice seedlings.- **Zeitschrift Pflanzenphysiol**.82: 95–106, 1977.

DECHEN, A. R.; FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P.R. Tolerância de plantas aos estresses nutricionais. In: SIQUEIRA, J.O. et al., Eds. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999.

DHIR, B. et al. Photosynthetic performance of Salvinia natans exposed to chromium and zinc rich wastewater. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, Londrina, v. 20, n. 1, p.61-70, maio 2008.

DUARTE, J.O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Economia da Produção**. Embrapa Milho e Sorgo Sistema de Produção, 7ª edição, set. 2011. Disponível em < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/economia.htm> Acesso em 06/04/2017.

FAGERIA, N. K. Manejo dos solos tropicais. In: FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: Embrapa-DPU, 1989. p.87-168.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.390-395, 2000.

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

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.

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.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Indicadores IBGE: **Estatística da produção pecuária. Brasília**: Gráfica do IBGE, 45p., 2015.

JENSEN, P.; ADALSTEINSSON, S. Copper effects on active and passive Rb+ influx in roots of winter wheat. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 75, n. 2, p. 195- 200, 1989.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. (2001). **Trace elements in soil and plants,** Boca Raton. CRC Press, 315p.

KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W. Effect of Cu toxicity on growth of cowpea (Vigna unguiculata). **Plant and Soil**, v. 279, p. 287-296, 2006.

LEE, J.D. **Química Inorgânica**. Tradução da 5º Edição Inglesa. Edgard Blucher. São Paulo, SP. 1999.

LUCHESE, A.V.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; LUCHESE, E.B. BRACCINI, M.C.L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays)* em resposta ao tratamento

de sementes de cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 6 p. 1949-1952.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1986. 674p.

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.

MCBRIDE, M.B. **Cupric ion activity in peat soil as a toxicity indicator for maize**. J. Environ. Qual., 30:78-84, 2001.

MELANIA-NICOLETA, B.; MICLE, V.. EFFECTS OF COPPER-INDUCED STRESS ON SEED GERMINATION OF MAIZE (ZEA MAYS L.). 3. ed. Cluj-Napoca: **Agriculture - Science And Practice**, (95-96)/2015.

MICHAUD, A. M.; CHAPPELLAZ, C.; HINSINGER, P. Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum L.*). **Plant and Soil**, v. 310, p.151-165, 2008.

PÄTSIKKÄ, E.; ARO, E.M.; TYYSTJÄRVI, E. Increase in the quantum yield of photoinhibition contributes to copper toxicity in vivo. **Plant Physiology**, v.117, p.619-627, 1998.

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 49, n. 1, p.81-108, 2011. FapUNIFESP (SciELO). DOI: 10.1590/s0103-20032011000100004.

PAVLÍKOVÁ, D.; PAVLÍK, M.; STASZKOVÁ, L.; TLUSTOŠ, P.; SZÁKOVÁ, J.; BALÍK, J. The effect of potentially toxic elements and sewage sludge on the activity of regulatory enzyme glutamate kinase. **Plant Soil Environmental**, v.53, p.201-206, 2007.

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>. Acesso em: 22/03/2017.

PILON, M. et al. Copper cofactor delivery in plant cells. **Curr. Opin. Plant Biol**, v. 9, p. 256–263, 2006.

PINTA, M. **Atomic absorption spectrometry.** London: Adam Hilger, 1975. 730p.

QUARTACCI, M.F.; PINZINO,C.; SGHERRI,C.L.M.; VECCHIA,F.D.; NAVARIIZZO, F. Growth in excess copper induces changes in the lipid composition and fluidity of PSII - enriched membranes in wheat. **Physiologia Plantarum**, v.108, p.87-93, 2000.

SANDMANN, G.; BOGER, P. Coppermediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes. **Plant Physiol**. v.66, p.797-800 1980.

SEGANFREDO, M.A. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.16, n.3, p.129-141, 1999.

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S. **Análise dos impactos ambientais no Oeste Catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves.** VI encontro Nacional da ANPPAS. 18 a 21 de setembro de 2012. Belém, Pará, Brasil.

SHELDON, A.R.; MENZIES, N.W. The effect of copper toxicity on the growth and root morphology of Rhodes grass (Chloris gayana Knuth.) in resin buffered solution culture. **Plant and Soil**, v. 278, p.341-349, 2005.

SOARES, C. R. F. S. et al. Crescimento e nutrição mineral de Eucalyptus maculata e Eucalyptus urophylla em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 213-225, 2000.

SPOSITO, G. (1989). **The chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 277p.

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.

TREVORS, J.T.; STRATTON, G.W.; GADD, G.M. Cadmium transport, resistance and toxicity in bacteria, algae and fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, v.32, n.6, p.447464, 1986.

VAN ASSCHE, F; CLIJSTERS, H. Effects of metals on enzyme activity in plants. **Plant and Cell Environmente,** v.13, p.195-206, 1990.

VOLESKY, B. Removal and recovery of heavy metals by biosorption. In: VOLESKY, B. Biosorption of heavy metals. Boca Raton: CRC Press, 1990 cap.1.2, p.7-43.

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. **Braz. J. Plant Physiol.,** v. 17, n. 1, p. 145–156, 2005.

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

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

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	221,297				
DOSES DE COBRE	3	76268,172	25422,7	156,17	6,99	$F_{(0,01;3;9)}$
PARCELAS	9	77954,609				
RESÍDUO (A)	15	1465,141	162,793			
DIAS	3	6232,922	2077,641	32,28	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
Cu X DIAS	9	2527,016	280,780	4,36	2,96	$F_{(0,01;9;36)}$
RESIDUO B	36	2317,313	64,370			
TOTAL	63	89031,859				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DOSES(QUARTO DIA)	3	1685,000	561,667	0,07	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(QUINTO DIA)	3	5634,188	1878,063	0,24	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(SEXTO DIA)	3	1022,750	340,917	0,04	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(SÉTMO DIA)	3	418,000	139,333	0,02	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(DIAS)	12	8759,938				
RESIDUO	15	1465,141	7916,333			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DIAS(DOSE ZERO)	3	23749,000	7916,333	2,98	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 100)	3	24288,688	8096,229	125,78	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 200)	3	15150,750	5050,250	78,46	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 300)	3	15606,750	5202,250	80,82	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSES)	12	78795,188				
RESIDUO	3	2317,313	64,370			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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	2,921				
DOSES DE COBRE	3	455,523	151,841	22,67	6,99	$F_{(0,01;3;9)}$
PARCELAS	9	518,727				
RESÍDUO (A)	15	60,283	6,698			
DIAS	3	53,934	17,978	4,00	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
Cu X DIAS	9	170,773	18,975	4,23	2,96	$F_{(0,01;9;36)}$
RESIDUO B	36	161,637	4,490			
TOTAL	63	905,071				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DOSES(QUARTO DIA)	3	15,997	5,332	1,19	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(QUINTO DIA)	3	78,513	26,171	5,83	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(SEXTO DIA)	3	219,572	73,191	16,30	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(SÉTMO DIA)	3	312,214	104,071	23,18	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DOSES(DIAS)	12	626,296				
RESIDUO	15	161,637	4,490			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3					
DIAS	3					
DIAS(DOSE ZERO)	3	17,179	5,726	1,07	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 100)	3	54,851	18,284	3,43	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 200)	3	82,570	27,523	5,16	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSE 300)	3	70,108	23,369	4,40	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
DIAS(DOSES)	12	224,707				
RESIDUO	3	60,283	5,332			
TOTAL						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

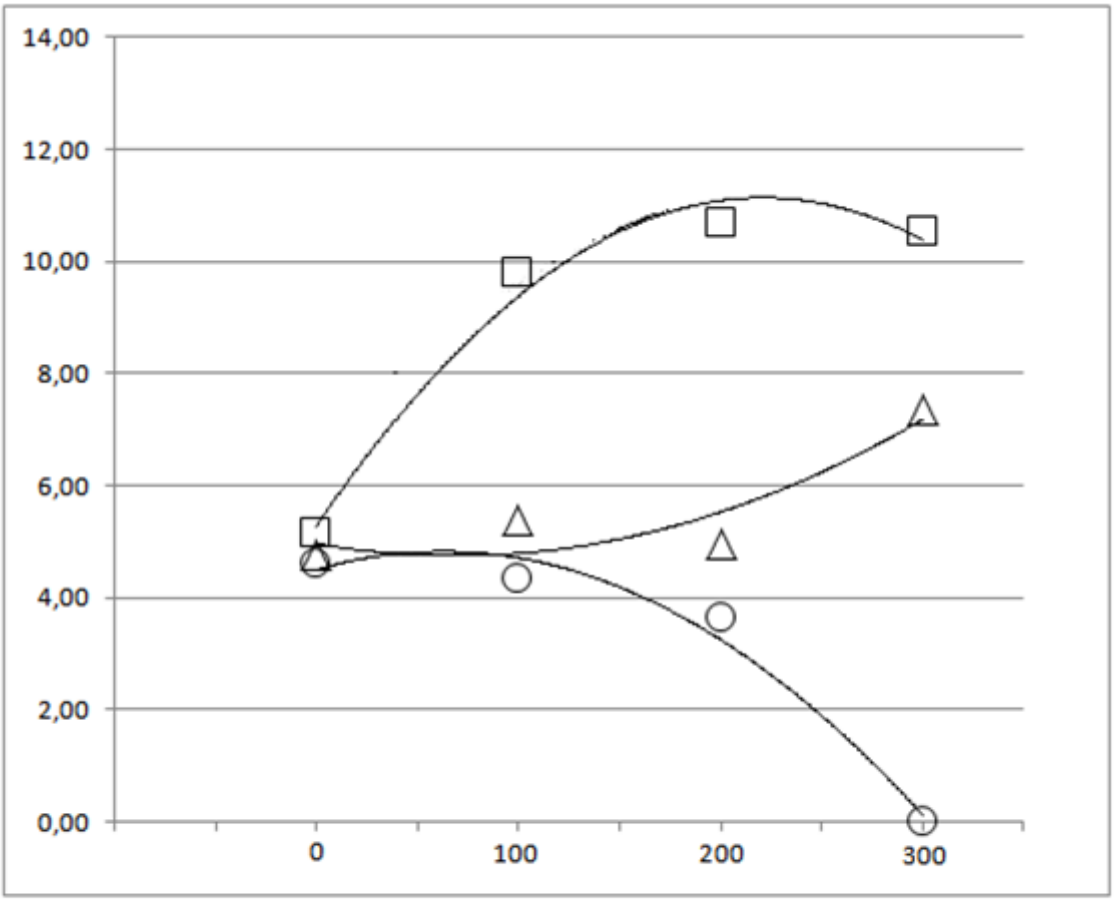
APÊNDICE C – Quadros de análise de variância (comprimento da parte aérea)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	1,578				
DOSES DE COBRE	3	114,304	38,101	24,91	6,99	$F_{(0,01;3;9)}$
PARCELAS	9	129,647				
RESÍDUO (A)	15	13,764	1,529			
DIAS	3	17,080	5,693	4,59	4,39	$F_{(0,01;3;36)}$
Cu X DIAS	9	24,154	2,684	2,16	2,96	$F_{(0,01;9;36)}$
RESIDUO B	36	44,661	1,241			
TOTAL	63	215,541				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

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



□ quinto dia

$y = -1,2x^2 + 7,7042x - 1,2298$

$R^2 = 0,9823$

△ sexto dia

$y = 0,4562x^2 - 1,5438x + 6,0527$

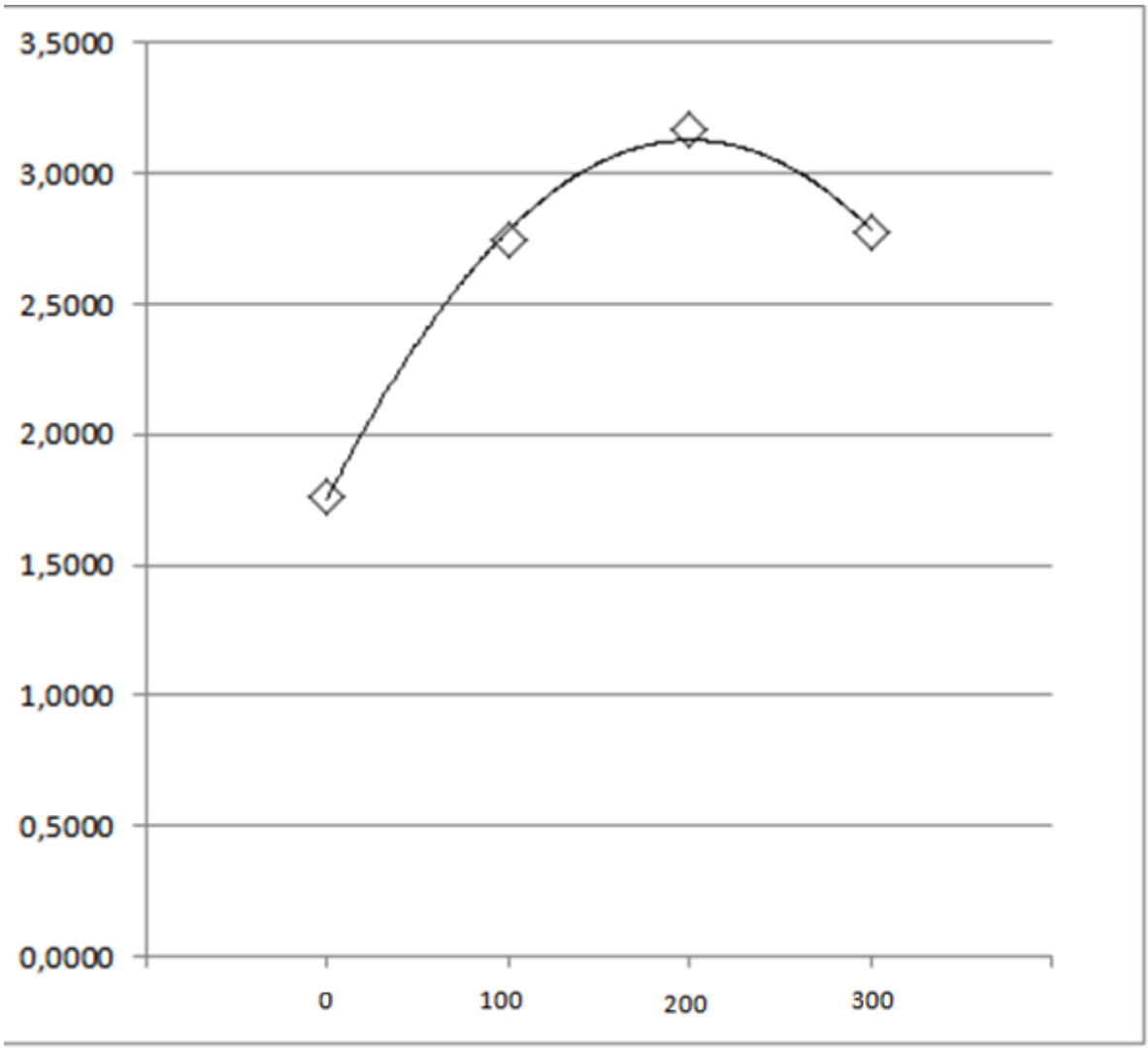
$R^2 = 0,8263$

○ sétimo dia

$y = -0,8338x^2 + 2,7129x + 2,6178$

$R^2 = 0,9761$

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



$y = -0{,}3429x^2 + 2{,}0591x + 0{,}0357$

$R^2 = 0{,}9969$