



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

EDIVANDRO MAICO SCARIOT

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TRIGO
SUBMETIDAS À DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO**

**CHAPECÓ
2023**

EDIVANDRO MAICO SCARIOT

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TRIGO
SUBMETIDAS À DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO**

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

Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

CHAPECÓ

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Scariot, Edivandro Maico
GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE
TRIGO SUBMETIDAS À DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO /
Edivandro Maico Scariot. -- 2023.
39 f.

Orientador: Doutor Samuel Mariano Gislon da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2023.

1. TBIO Noble, Fitotoxicidade, Micronutriente, Metais
Pesados.. I. Silva, Samuel Mariano Gislon da, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

EDIVANDRO MAICO SCARIOT

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TRIGO
SUBMETIDAS À DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 05 / 07 / 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva
Orientador – Presidente da banca

Professora Dra. Vanessa Neumann Silva
Avaliadora - UFFS

Prof. Dr. James Luiz Berto
Avaliador - UFFS

RESUMO

A produtividade de trigo vem em uma crescente desde meados dos anos 1970. No entanto, para que isso fosse possível, foi necessário intensificar a utilização de resíduos agronômicos, defensivos agrícolas e fertilizantes, que muitas vezes contém resíduos de metais pesados, entre eles o cádmio. O objetivo do presente trabalho foi analisar de maneira experimental o efeito de diferentes concentrações de cádmio sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de trigo. O experimento foi conduzido no laboratório de Sementes e Grãos da Universidade Federal da Fronteira Sul, sob um esquema em parcelas subdivididas e em blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições. As sementes de trigo foram divididas em 4 lotes de 16 repetições de 50 sementes cada, sendo que cada lote foi contaminado com uma concentração de cádmio (0,0, 25,0, 50,0 e 100,0 mg L⁻¹), gerando assim quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinador sob iluminação e temperatura constante de 25°C, sendo que em 4 repetições de cada tratamento, retiradas de forma aleatória no quinto sexto, sétimo e oitavo dia após a instalação do experimento, foram avaliados os parâmetros de taxa de germinação, velocidade de germinação, tamanho da parte aérea, tamanho das raízes e matéria seca. Os diferentes dias de avaliação e doses de cádmio utilizadas afetaram o potencial germinativo de sementes de trigo cultivar TBIO NOBLE. Foi possível observar também uma diferença significativa na avaliação do crescimento das raízes em todas as doses de cádmio utilizadas (25, 50 e 100 mg L⁻¹), ocasionando necroses e atrofiamento radicular. A parte aérea foi a menos afetadas pelas doses utilizadas, exceto a dose de 100 mg L⁻¹, havendo um retardo no crescimento, em especial no sétimo e oitavo dia de avaliação. Em relação à matéria seca, foi possível notar significativa diferença na dose de 100 mg L⁻¹. A velocidade de germinação, apresentou um decréscimo com o aumento das doses de cádmio. A testemunha (0 mg L⁻¹), foi o tratamento que obteve os melhores desempenhos durante as avaliações, comprovando que o cádmio, em concentrações elevadas, prejudica o desenvolvimento inicial do trigo.

Palavras-chave: TBIO Noble, Fitotoxicidade, Micronutriente, Metais Pesados.

Abstract

Wheat productivity has been increasing since the mid-1970s. However, for this to be possible, it was necessary to intensify the use of agronomic residues, pesticides and fertilizers, which often contain residues of heavy metals, including cadmium. The objective of this work was to experimentally analyze the effect of different concentrations of cadmium on germination and initial development of wheat seedlings. The experiment was carried out at the Seeds and Grains laboratory at the Federal University of Fronteira Sul, in a split-plot and randomized block scheme, with cross-classification and 4 replications. The wheat seeds were divided into 4 lots of 16 repetitions of 50 seeds each, and each lot was contaminated with a concentration of cadmium (0.0, 25.0, 50.0 and 100.0 mg L⁻¹), generating thus four different treatments. The paper coils were kept in a germinator under lighting and a constant temperature of 25°C, and in 4 repetitions of each treatment, randomly removed on the fourth, fifth, sixth and seventh day after the installation of the experiment, the parameters of germination rate were evaluated germination, germination speed, shoot size, root size and dry matter. The different days of evaluation and doses of cadmium used affected the germination potential of the wheat crop. It was also possible to observe a significant difference in the assessment of root growth in all cadmium doses used (25, 50 and 100 mg L⁻¹), causing necrosis and root atrophy, with the exception of the dose of 0 mg L⁻¹. The aerial part was the least affected by the doses used, except for the dose of 100 mg L⁻¹, where there was a delay in growth, especially on the seventh and eighth day of evaluation. Regarding dry matter, it was possible to notice a great difference in the dose of 100 mg L⁻¹. The germination speed showed a decrease with increasing doses of cadmium. The control (0 mg L⁻¹) was the treatment where the best performances were obtained during the evaluations, proving that cadmium, in high concentrations, harms the initial development of wheat.

Keywords: TBIO Noble, Phytotoxicity, Micronutrient, Heavy Metals.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Avaliação da germinação de trigo em porcentagem (%) de plântulas normais, em função das doses de cádmio. | 19 |
| Figura 1 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre a porcentagem (%) de germinação de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação. | 20 |
| Tabela 2. Índice de velocidade de germinação das plântulas de trigo | 21 |
| Tabela 3 - Comprimento das raízes (cm plântula ⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação de trigo, em função das doses de cádmio | 22 |
| Figura 2 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre o comprimento de raízes de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação. | 23 |
| Tabela 4 - Comprimento da parte aérea das plântulas de trigo (cm plântula ⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação, em função das doses de cádmio | 25 |
| Figura 3 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre o comprimento da parte aérea de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação. | 26 |
| Tabela 5 - Peso médio das plântulas de trigo (mg plântula ⁻¹), mensurados durante os ensaios de germinação de trigo, em função das doses de cádmio | 28 |
| Figura 4 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre a matéria seca de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação. | 29 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 10 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 10 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 11 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 15 |
| 4.1 | OBTENÇÃO DAS SEMENTES | 15 |
| 4.2 | ENSAIO DE GERMINAÇÃO | 15 |
| 4.3 | VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES..... | 16 |
| 4.3.1 | POTENCIAL DE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES | 16 |
| 4.4 | VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO..... | 17 |
| 4.5 | AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO..... | 17 |
| 4.6 | DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA..... | 17 |
| 4.7 | ANÁLISE ESTATÍSTICA | 18 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 19 |
| 5.1 | POTENCIAL DE GERMINAÇÃO | 19 |
| 5.2 | VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO..... | 21 |
| 5.3 | CRESCIMENTO DAS RAÍZES | 22 |
| 5.4 | CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA | 24 |
| 5.5 | DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA..... | 27 |
| | CONCLUSÕES..... | 30 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 31 |
| | APÊNDICE A | 35 |
| | APÊNDICE B..... | 36 |
| | APÊNDICE C | 37 |
| | APÊNDICE D | 38 |

1 INTRODUÇÃO

O capitalismo, sistema econômico em que estamos inseridos, promoveu uma separação entre o homem e a natureza, fazendo com que nos considerássemos superiores, promovendo a extração sem fins dos elementos naturais não renováveis e um modelo de agricultura nociva ao meio ambiente (DUTRA e SOUZA, 2017).

A utilização desenfreada desses recursos se intensificou com a Revolução Verde, que tinha como objetivo o desenvolvimento da agricultura moderna, com produção de alimentos para a população mundial crescente (DUTRA e SOUZA, 2017). Essa nova fase da agricultura, aumentou a produção mundial de alimentos, houve um avanço no desenvolvimento tecnológico e avanços nas pesquisas agrárias, porém esta modernização da agricultura em escala global, gerou diversos pontos negativos como o aumento do desmatamento, alteração do ecossistema para o plantio de monoculturas, erosão e esgotamento do solo, intensificação do uso de agrotóxicos e fertilizantes nas lavouras.

Assim, por conta de um manejo incorreto do solo, principalmente em monoculturas, o uso massivo de insumos agrícolas como fertilizantes e defensivos agrícolas, é uma prática cada vez mais comum o que acaba afetando negativamente o meio ambiente (DUCCA *et al.*, 2015).

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo e desempenha papel fundamental para a alimentação humana como fonte de nutrientes e fibras e também tecnologicamente, em função de várias formas que podem ser utilizadas para o consumo humano (MOREIRA *et al.*, 2020).

Segundo relatórios divulgados da CONAB em dezembro de 2022, a estimativa é que para a safra 2022/23 haja uma área plantada de trigo no mundo de 219,9 milhões de ha. Estima-se também que a produção para essa mesma safra seja de 780,5 milhões de toneladas, tendo um acréscimo de 0,14% comparados ao ano anterior (CONAB, 2022).

Em meio a guerra entre Rússia e Ucrânia, houve uma alta em contratos negociados nas bolsas de cereais, pela possibilidade de uma menor oferta global de grãos de trigo. Por consequência disso, acredita-se se que ocorrerá aumento da área cultivada do grão em nosso país (CANAL RURAL, 2022). Com o alto valor estimado para o grão no cenário agrícola, o uso mais intenso de fertilizantes e defensivos agrícolas tende a ocorrer, pois o alto valor pago compensa ao agricultor fazer a aplicação e assim ter um maior rendimento por área, porém

um dos problemas é a grande quantidade de metais pesados que esses produtos contêm que são tóxicos às plantas.

Um dos problemas que vêm sendo enfrentados é a grande entrada de cádmio via mineração, lodo de esgotos e efluentes industriais, e principalmente pela entrada direta desse elemento nos solos via fertilização fosfatada (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

O cádmio é um elemento que mesmo em baixas quantidades se torna tóxico às plantas e aos seres humanos. O mesmo ao ser absorvido pela planta, acaba causando distúrbios nas enzimas e nas proteínas, com desnaturação da proteína, resulta na redução da atividade enzimática. Outro efeito dessa toxidez causada pelo cádmio é interferir na germinação e na fotossíntese da planta (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

Sabendo da grande importância que o trigo tem para economia nacional e mundial e dos efeitos tóxicos que o cádmio pode causar às plantas e ao ser humano, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar qual a interferência que o metal causa em diferentes concentrações, sobre a germinação, desenvolvimento e teores de matéria seca de plântulas de trigo.

2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos, divididos em geral e específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a influência do cádmio na germinação e no crescimento inicial de plântulas de trigo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de diferentes doses de cádmio na cultura do trigo, sobre:

- O potencial de germinação das sementes de trigo.
- O crescimento da parte aérea das plântulas de trigo.
- O crescimento das raízes das plântulas de trigo.
- A velocidade de germinação das plântulas de trigo.
- A determinação da matéria seca das plântulas de trigo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma gramínea, herbácea com metabolismo C3 pertencente à família das *Poaceae*, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, classificado em diferentes espécies de acordo com o número de cromossomos (FONTANELI *et al.*, 2012).

Segundo Abitrigo (2022), a origem desta cultura, é datada por volta de 15 mil anos a.C., quando após uma importante mutação genética foi possível o cultivo desse grão, nas regiões montanhosas do Sudoeste da Ásia. O trigo tem um papel importante na história da humanidade, inclusive na escrita, sendo que os sumérios criaram a escrita como uma forma de controlar as mercadorias que eram comercializadas, entre elas o trigo (ABITRIGO, 2022).

Esse cereal tem grande importância para a nutrição humana, sendo fundamental para uma alimentação saudável e equilibrada, pois é fonte de carboidratos, proteínas, gorduras, cálcio, ferro entre outros, que fazem com que tenhamos energia em nosso dia a dia, atuando também na prevenção de diversas doenças. Dentre os principais alimentos que são produzidos com a farinha de trigo e seus derivados podemos destacar os pães, massas, bolos e biscoitos (ABITRIGO, 2022).

O trigo chegou em território brasileiro em 1534, trazido por Martim Afonso de Souza, militar português que comandou a primeira expedição colonizadora enviada ao Brasil, sendo que em uma de suas viagens desembarcou na capitania de São Vicente (atual estado de SP) as primeiras sementes de trigo. No começo houve dificuldade de expansão da cultura, principalmente por dificuldades de adaptação ao clima local. Porém séculos depois percebeu-se a região sul como uma boa produtora do cereal e o Rio Grande do Sul e Paraná se tornaram os principais estados produtores de trigo no Brasil (BIOTRIGO, 2022).

Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a safra mundial 2021/2022 de trigo, teve uma área plantada de 222,1 milhões de ha, tendo um crescimento de 0,13%, quando, comparada à safra passada. Se destacam como maiores produtores do cereal a União Europeia, China, Índia, Rússia e EUA. O Brasil fica apenas em 15º posição, com uma produção estimada para a safra 2021/22 de 7,7 milhões de toneladas de trigo. Segundo o mesmo departamento, em questão de exportações, a União Europeia, Rússia, Austrália e EUA se destacam como maiores fornecedores deste grão para outros países (CONAB, 2022). Já o Brasil é um dos maiores importadores do produto, sendo que no ano de 2019, foram importados cerca de 6,2 milhões de toneladas, visando suprir a demanda interna de 12,5 milhões de toneladas anuais do cereal. Contudo, no ano de 2022, com a colheita

excelente realizada no ano de 2021, vários contratos foram firmados, ocasionando um aumento de 1700% de trigo exportado quando comparado ao mês de março do ano de 2021 (CANAL RURAL, 2022).

Os estados que mais produziram trigo no ano de 2020 foram Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, totalizando uma produção de cerca de 5,8 milhões de toneladas, se destacando o estado do Paraná com uma produção estimada de 3,1 milhões de toneladas na safra 2020 (CONAB, 2020).

Segundo informações do Mais Soja (2021), o trigo é a principal cultura de inverno no Brasil, se desenvolvendo principalmente na região sul. Isso se deve às condições ideais de clima e solo para o plantio da cultura, que se adaptou bem a região. Para se ter um bom desenvolvimento do trigo, deve-se observar o zoneamento climático para a cultura, fazendo com que não ocorra o período de floração, na fase mais rigorosa do inverno, o que poderia causar danos a cultura pelas baixas temperaturas.

O uso de fertilizantes e agroquímicos, é cada vez mais frequente nas lavouras de nosso país, visando plantas mais vigorosas, reduzindo ao máximo os prejuízos causados por plantas daninhas, pragas e falta de nutrientes no solo, que acarretaram em sementes de baixa qualidade e que dificilmente serão utilizadas para a alimentação humana, sendo redirecionadas à alimentação animal.

A instrução normativa 38/2010 estabelece o padrão oficial de classificação do trigo em dois grupos: Grupo I o trigo destinado diretamente à alimentação humana, em seguida classificado em tipos. O Grupo II o trigo destinado a moagem e outras finalidades, em seguida classificado em classes (MAPA, 2010).

O manejo adequado da cultura, como por exemplo o uso de fertilizantes aliados ao melhoramento genético, são os principais responsáveis pela alta produção das culturas mundiais. Contudo, o manejo inadequado desses produtos pode causar diversos efeitos negativos para o meio ambiente e ecossistema (REETZ, 2016).

Segundo informações de Bizarro (2008) os fertilizantes fosfatados são os mais utilizados nas lavouras, se devendo isto à grande perda de fósforo causado pela exportação de alimentos e fibras. Desta maneira, é necessário a reposição via adubação. As principais fontes de fósforo utilizadas na agricultura são os superfosfatos, os amoníofosfatos, os fosfatos parcialmente acidulados e os fosfatos naturais. A matéria prima utilizada para obtenção deste produto são rochas fosfatadas, que além do fósforo, contém diversos metais pesados em sua composição.

Em uma pesquisa realizada por Bizarro *et al.*, (2008), sobre o teor de cádmio encontrado em fertilizantes fosfatados, foi observado em 19 amostras de fertilizantes nacionais e importados comercializados no Brasil, uma concentração entre 0,67 e 42,93 mg kg⁻¹, sendo que uma amostra importada do Marrocos apresentou a maior quantidade de cádmio no produto. Segundo a resolução do CONAMA n° 420/2009, o valor de referência de concentração de cádmio seguro para maioria das culturas é de 5 mg kg⁻¹.

Segundo Finatto *et al.*, (2013), a troca de produtos onerosos por de baixo custo ajudam para que uma atividade seja considerada viável economicamente, sendo de extrema importância para o sucesso da propriedade rural. A troca de fertilizantes químicos por adubos de origem animal e vegetal são, portanto, algumas das saídas para que haja uma diminuição de custos de produção, sendo que uma das alternativas é a utilização de dejetos de suínos.

Segundo dados da Embrapa (2021), em 2021 o estado de Santa Catarina foi o maior produtor nacional de carne suína, sendo responsável por 31% dos abates e por mais de 51% das exportações brasileiras neste mesmo ano. A maior região produtora de suínos em Santa Catarina, é o Oeste do Estado, onde se concentra a maior parte dos suinicultores. Segundo dados da Epagri, (2019), no ano de 2018 a mesorregião catarinense foi responsável por 78% dos suínos produzidos.

A criação de suínos confinados, acaba gerando uma alta quantidade de dejetos, sendo uma melhor alternativa ao produtor o descarte no solo como um fertilizante orgânico. O grande problema é a produção em grande escala, onde ocorre o descarte dos dejetos em pequenas áreas. A região Oeste é um grande exemplo disso, com uma grande concentração de animais e uma pequena área agricultável para receber os dejetos. Essa carga excessiva de dejetos acaba sobrecarregando o solo, e ocasionando acúmulo de diversos nutrientes como Nitrogênio (N), Cobre (Cu), e Zinco (Zn) e alguns metais pesados como chumbo (Pb), níquel (Ni), cromo (CR) e cádmio (Cd), que acabam prejudicando o solo (ALVES, 2008).

A principal fonte de contaminação dos suínos por metais pesados, se dá por meio da alimentação, principalmente via minerais inorgânicos utilizados em suplementos minerais. Segundo pesquisas, a absorção do cádmio em animais varia de 1 a 2% do total ingerido, ou seja, o restante é excretado nos dejetos dos animais (ALKIMIN e FILHO, 2011). Segundo King *et al.*, (1992), foi observado que suínos, durante o período de crescimento, entre 8 a 90 kg de peso vivo, apresentaram níveis de cádmio variando entre 0,44 a 4,43 mg/kg de matéria seca.

Os metais pesados são segundo Duffus (2002), caracterizados por apresentarem uma alta densidade e um alto número atômico, sendo que além dessas características apresenta uma massa específica que varia entre 3,5 e 7,0 g/cm³.

Alguns destes elementos químicos ocorrem de forma natural no solo, sendo que alguns deles em baixas concentrações não são prejudiciais às plantas, e sim benéficos a elas como por exemplo o cobre (Cu), zinco (Zn) e cobalto, desempenhando papel importante na nutrição. Entretanto, alguns destes elementos mesmo em baixas concentrações são tóxicos, sendo um exemplo o cádmio. Apesar de sua toxicidade, este metal está cada vez mais presente nos solos através do destino incorreto de esgotos, resíduos industriais, aplicações incorretas de agrotóxicos, fertilizantes e dejetos de animais (SILVA *et al.*, 2007).

O cádmio mesmo em pequenas quantidades é altamente tóxico ao ser humano e as plantas. Segundo Guimarães *et al.*, (2008), no solo o cádmio é mais facilmente absorvido pelas raízes, causando diversos efeitos negativos na planta, como por exemplo a redução da atividade enzimática, fotossíntese e clorose, podendo levar à desnaturação de proteínas e ao estresse oxidativo, o que resultará em danos às membranas. Além disso, atua na planta inibindo a absorção de micronutrientes, sendo os efeitos mais visível em solos ácidos (FERREIRA, 2013).

Dentre os tecidos da planta que são atingidos pelo efeito do cádmio, a raiz é o órgão principal na absorção e na acumulação do mesmo. O transporte dos metais pesados, dar-se na forma radial nas raízes, ocorrendo nos poros das paredes celulares e nos espaços intercelulares. Após a absorção, o metal segue o caminho do xilema, interagindo com as células vizinhas e podendo chegar a alterar o sistema vascular (BARCELÓ e POSCHENRIEDER, 1992).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os materiais e métodos que serão utilizados para a realização deste trabalho:

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

O experimento foi conduzido com sementes da cultivar TBIO NOBLE, obtida através de doação pela empresa Biotrigo. É uma cultivar desenvolvida e registrada pela empresa Biotrigo Genética®, apresentando como características agronômicas um ciclo médio – precoce, com uma altura de planta média e maturação e espigamento médio – precoce. É classificado como excelente para panificação (BIOTRIGO, 2023). O lote de sementes utilizadas no experimento, é resultante da safra do ano de 2020, com germinação mínima de 80% e pureza mínima de 98%.

4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO

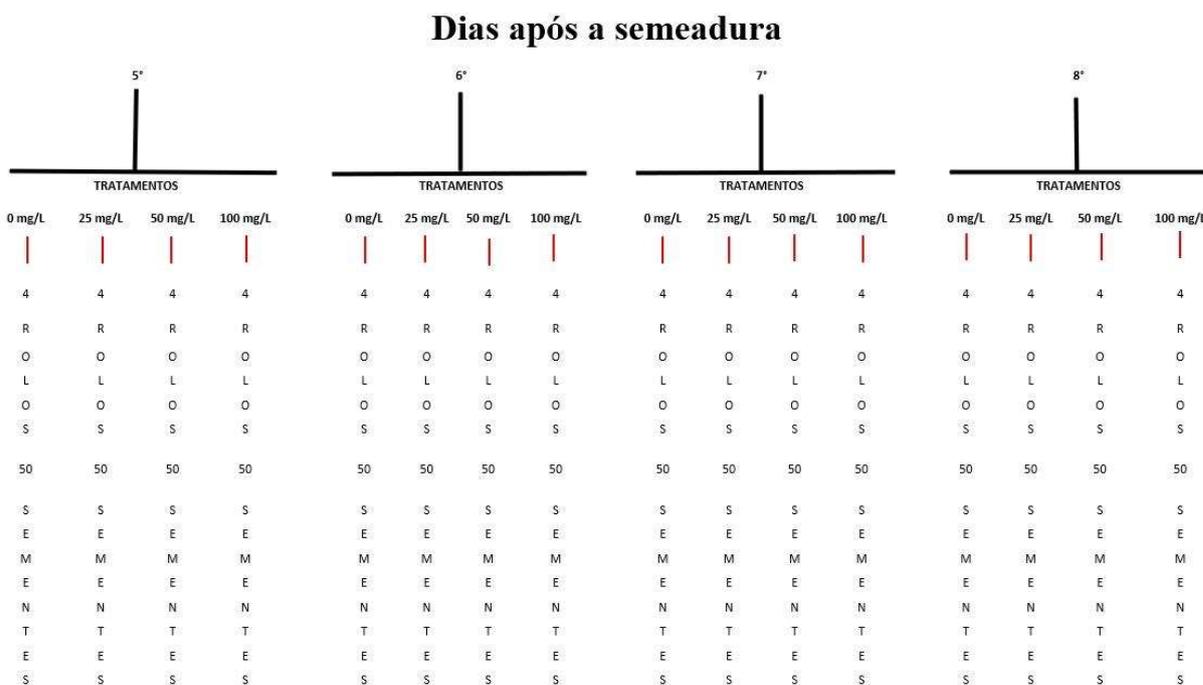
O ensaio foi conduzido em agosto de 2022 no laboratório de Sementes e Grãos, localizado na Universidade Federal da Fronteira Sul campus Chapecó. O ensaio foi realizado sob um esquema em parcelas subdivididas no tempo e delineamento experimental de blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições (ARES & GRANATO, 2014; PIMENTEL-GOMES, 2000). Para tal, as sementes foram divididas em 4 lotes de 16 repetições, com 50 sementes cada repetição, gerando as parcelas experimentais. A seguir, cada parcela foi semeada em substrato de papel para germinação (J. Prolab®) previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. Nesse processo foi realizado a embebição dos papeis para germinação dos 4 lotes, diluindo 197 miligramas de cloreto de cádmio (CdCl_2), em 1,5 litros de água destilada, de maneira que as concentrações finais de cádmio fossem 0,0, 25,0, 50,0 e 100,0 mg L^{-1} , gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores (ELETROlab®, modelo 202/4) à temperatura constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo constante de 24 horas (BRASIL, 2009; SÁ *et al.*, 2011), sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento, retiradas de forma

aleatória do germinador no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia após a sementeira. Tal esquema pode ser observado na Figura 1.

4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES

A avaliação da germinação foi realizada no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia após a sementeira, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentaram crescimento de radícula de 1 mm, eliminando-se as plântulas anormais e sementes duras e mortas, sendo os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009; SÁ *et al.*, 2011).

Figura 1- Esquema resumido do ensaio de germinação.



Fonte: Adaptado de NASCIMENTO, 2021.

4.3.1 POTENCIAL DE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

A avaliação do potencial germinativo das sementes, foi realizada através da contagem das sementes germinadas e conversão dos dados para percentual de plântulas normais germinadas de cada rolo (BRASIL, 2009), utilizando-se da seguinte fórmula:

$$\% \text{ Germinação} = \frac{P_n}{N} \times 100$$

N

Onde: Pn = plântulas normais

N = número total de sementes colocadas para germinar em cada rolo.

4.4 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

A velocidade de germinação, tem como objetivo avaliar o número médio de dias necessários para a ocorrência da germinação (MAGUIRE, 1962). Sendo determinada através da seguinte fórmula:

$$VG = \frac{[(N1*G1) + (N2*G2) + \dots (Nn*Gn)]}{(G1+G2+\dots Gn)}$$

Onde: VG = Velocidade de germinação.

G1, G2, Gn = número de plântulas normais germinadas em cada contagem.

N1, N2, Nn = número de dias após a semeadura, em relação a contagem.

4.5 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO

As avaliações de crescimento foram realizadas no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia após a semeadura, eliminando-se as plântulas anormais e as sementes mortas. Com o auxílio de uma régua milimétrica, foi medido o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea, sendo os resultados expressos em cm/plântula⁻¹ (BRASIL, 2009; SÁ *et al.*, 2011).

4.6 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA

Seguindo a metodologia proposta por Sá *et al.*, (2011), após o período de crescimento no germinador as plântulas normais foram separadas e, com auxílio de uma lâmina foi separado raiz e parte aérea do restante da semente e colocados em sacos de papel previamente pesados e separados por repetição. A seguir, os sacos foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar regulada a 80±2°C durante 24 horas (SÁ *et al.*, 2011). Após esse período, foram colocados para esfriar em dessecador, até peso constante, quando foram pesadas em balança de precisão de quatro casas.

A matéria seca média por plântulas normais foi determinada utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Matéria seca (mg)} = \frac{P_n}{N} \times 1000$$

Onde: P_n = peso seco de plântulas normais naquela repetição.

N = número de plântulas normais naquela repetição.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (teste de F a 1 %) foi utilizada para analisar as variáveis. As comparações de médias de cada repetição foram feitas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ou regressão, ambos a 99% de confiança (PIMENTEL-GOMES, 2000; ZIMMERMANN, 2004).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 POTENCIAL DE GERMINAÇÃO

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e doses de cádmio em relação à variável taxa de germinação do trigo (Apêndice 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 cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar efeito significativo para o fator dias dentro de cada dose de cádmio nas doses 0,0, 25, 50 e 100 mg L⁻¹, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação da germinação de trigo em porcentagem (%) de plântulas normais, em função das doses de cádmio.

| Dias após a Germinação | mg L ⁻¹ de cádmio | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------|----------------------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | Dp | 25 | Dp | 50 | Dp | 100 | Dp |
| QUINTO | 82,00b | 1,4142 | 70,50a | 1,6583 | 52,50a | 0,8660 | 12,00a | 1,4143 |
| SEXTO | 88,50a | 0,8660 | 68,50a | 1,6583 | 23,00b | 1,0000 | 4,50b | 0,8665 |
| SÉTIMO | 89,00a | 1,0000 | 18,00b | 1,4148 | 9,00c | 1,0000 | 1,50bc | 0,8660 |
| OITAVO | 88,00a | 2,0000 | 10,00c | 1,4145 | 12,00c | 1,4100 | 0,00c | 0,0000 |
| | | CV (A) = 3,1% | | CV (B) = 22,1% | | | | |

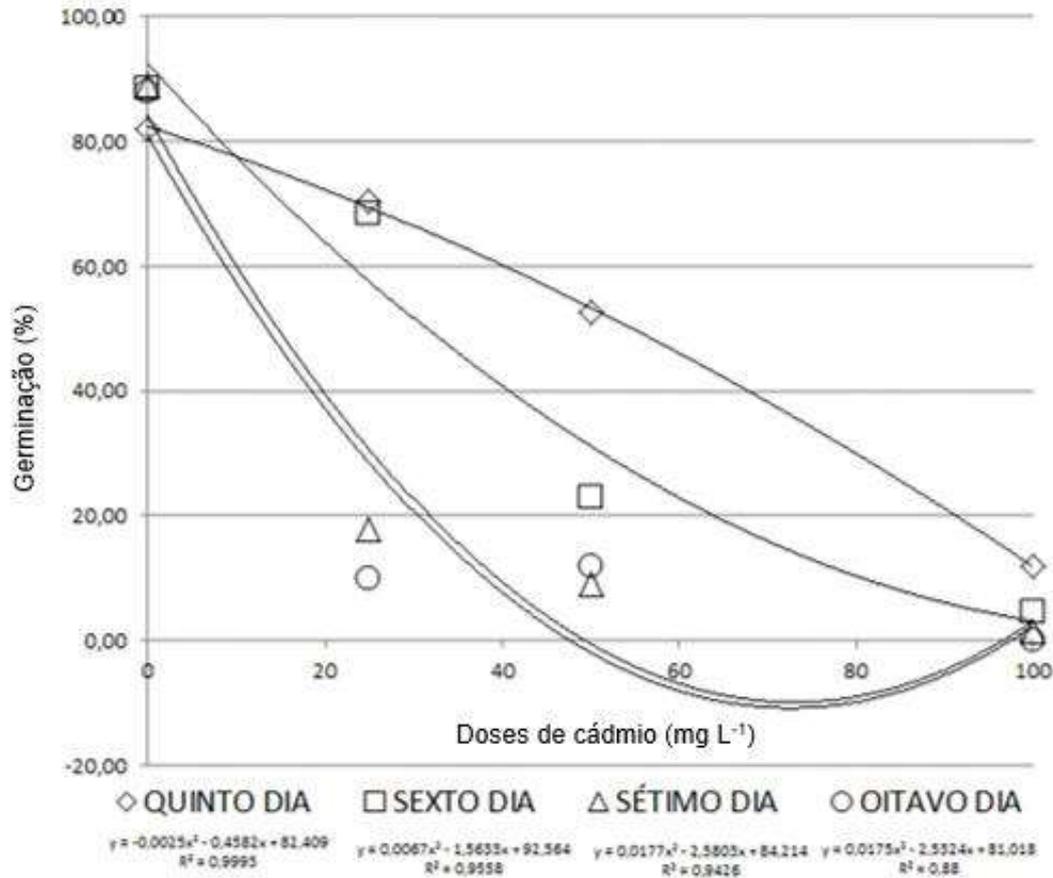
Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 99% de confiança.

Dp: desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio dentro de cada dia, isto é, no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia, sendo que este efeito pode ser observado através das linhas de tendência e estimativas das equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na figura 1

Figura 1 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre a porcentagem (%) de germinação de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Como é possível observar na tabela 1, houve diferença estatística nas médias da variável germinação quando foram feitos incrementos nas doses de cádmio. Já no quinto dia, na maior dose utilizada (100 mg L^{-1}), a taxa de germinação foi relativamente baixa, sendo que até o sétimo dia as médias foram cada vez menores, ocorrendo a inibição da germinação no oitavo dia, demonstrando a alta toxicidade do cádmio. Pode-se notar também que com o decorrer dos dias de avaliação nas dosagens de 25, 50 e 100 mg L^{-1} , a maior exposição das sementes com as doses de cádmio foi intensificando o efeito negativo em relação a germinação, como pode-se observar na figura 1.

Em um estudo utilizando sementes de espécies forrageiras submetidas a diferentes doses de cádmio Rosniecek *et al.*, (2020), observaram que o cádmio reduziu o desenvolvimento da parte aérea e porcentagem de germinação de sementes.

Da mesma forma, segundo Nascimento, (2023), sementes de algodão submetidas a diferentes doses de cádmio apresentaram redução na taxa de germinação na dose de 100 mg L^{-1} .

¹ em aproximadamente 15% em relação da testemunha, assim havendo uma diminuição mais drástica nessa taxa, com a utilização das doses de 50 e 100 mg L⁻¹.

Quando observado o comportamento com o fator de estudo (dias), é possível notar que houve a queda no percentual de germinação a partir da dose de 25 mg L⁻¹, ou seja, evidenciando seu efeito tóxico em trigo. Isso acontece provavelmente porque o cádmio é um metal não essencial à planta, e mesmo em baixas concentrações já se torna prejudicial, sendo que na fase de germinação, o efeito do metal se dará quando o mesmo conseguir ultrapassar as barreiras fisiológicas, como o revestimento das sementes e atingir os tecidos embrionários da mesma (AKINCI & AKINCI 2010), assim interferindo nos processos de síntese química da planta, como o estresse oxidativo, gerando impacto no desempenho de proteínas e lipídeos (SHAARI *et al.*, 2022) dificultando a germinação e desenvolvimento posterior da plântula.

Em um estudo utilizando sementes de salsa (FANC *et al.*, 2012), observaram que o cádmio interferiu na germinação, pois impede a absorção e movimentação de água no eixo do embrião, assim gerando um distúrbio no metabolismo germinativo.

5.2 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

A velocidade de germinação pode ser observada na Tabela 2. Essa equação é baseada no tempo médio de germinação das sementes, tentando reduzir as tendências na obtenção de resultados (RANAL e SANTANA, 2006).

Tabela 2. Índice de velocidade de germinação das plântulas de trigo

| | Doses de cádmio (mg L ⁻¹) | | |
|---|---------------------------------------|------|------|
| | 25 | 50 | 100 |
| 0 | 6,51 | 5,81 | 5,8 |
| | | | 5,42 |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

É possível observar na tabela 2 que, à medida em que as doses de cádmio aumentam, o índice de velocidade de germinação diminuiu, indicando assim que a presença do cádmio em concentrações mais elevadas tem um impacto mais significativo na velocidade de germinação das plântulas de trigo.

Isso se deve ao fato que para realizar o cálculo, não é utilizado os valores de tamanho de parte aérea e radicular, e sim com o número de plântulas normais de cada tratamento. Assim, pelo fato de que na dose de 100 mg L⁻¹ houve uma menor emissão de plântulas

normais de trigo, e que no oitavo dia de avaliação não houve plântulas normais (Tabela 1), fica evidenciado que doses mais elevadas do metal tendem a reduzir a velocidade de germinação de trigo. É possível observar na tabela 2, que houve uma diferença de velocidade de germinação da dose testemunha e 100 mg L⁻¹ de aproximadamente 17%, devido ao número elevado de plântulas normais em todos os dias de avaliação da dose testemunha (quinto, sexto, sétimo e oitavo dia).

Mediante a isso, verificou-se que com o aumento das doses de cádmio, obteve-se índices de velocidade de germinação menores. O mesmo foi observado por Guilherme *et al.*, (2015), que realizando um experimento utilizando cádmio na cultura do trigo, notou uma redução da velocidade de germinação em aproximadamente 20%.

5.3 CRESCIMENTO DAS RAÍZES

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e doses de cádmio em relação à variável tamanho da raiz (Apêndice 2), indicando a existência de dependência entre os fatores. Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar efeito significativo para o fator dias dentro de cada dose de cádmio na dose 0,0 mg L⁻¹, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na Tabela 3.

Tabela 3 - Comprimento das raízes (cm plântula⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação de trigo, em função das doses de cádmio

| Dias após a Germinação | mg L ⁻¹ de cádmio | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | 0 | Dp | 25 | Dp | 50 | Dp | 100 | Dp |
| QUINTO | 6,06b | 0,5712 | 2,11ns* | 0,4220 | 1,25 ns* | 0,0837 | 0,82 ns* | 0,0542 |
| SEXTO | 6,12b | 0,4965 | 1,80 | 0,5311 | 2,40 | 0,6385 | 0,70 | 0,4072 |
| SÉTIMO | 6,67b | 0,6698 | 1,67 | 0,2288 | 1,60 | 0,2483 | 0,50 | 0,5196 |
| OITAVO | 8,80a | 0,6948 | 1,72 | 0,3302 | 2,27 | 0,3679 | 0,00 | 0,0000 |
| CV (A) = 18,6% CV (B) = 19,5% | | | | | | | | |

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 99% de confiança.

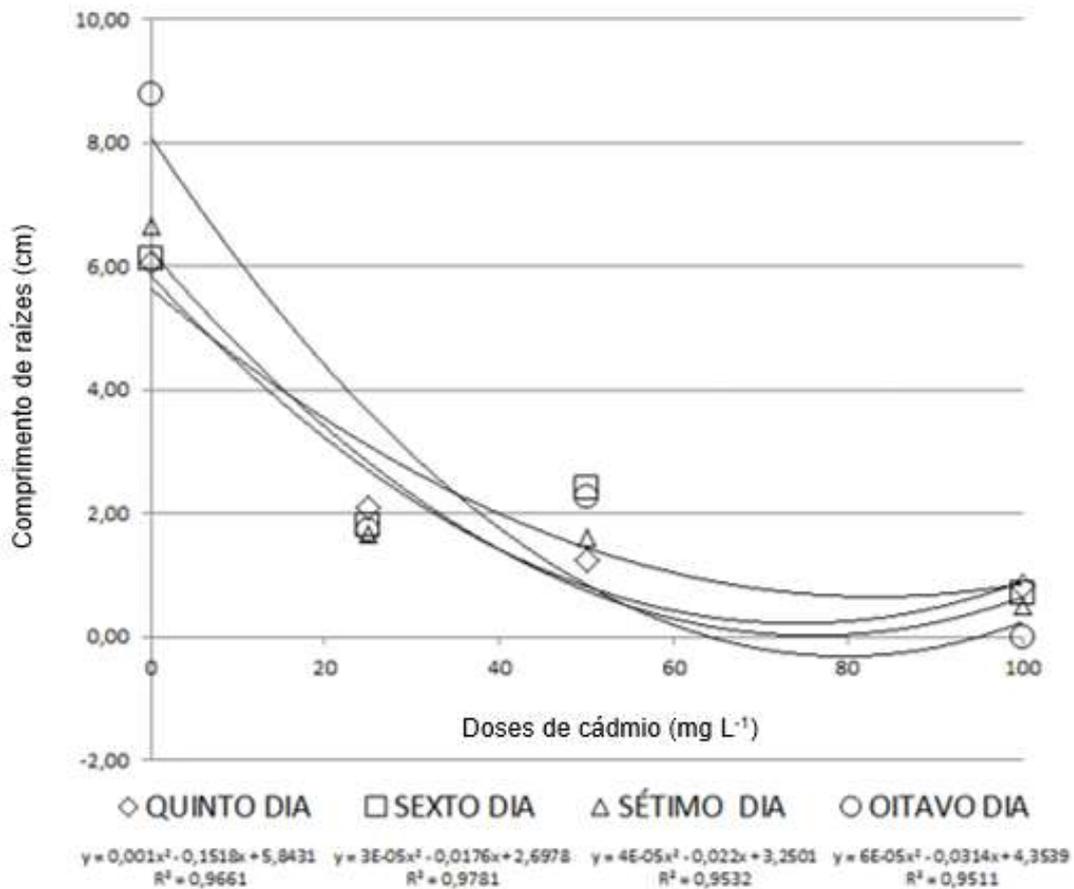
*ns: não significativo

Dp: desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio dentro de cada dia, isto é, no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia, sendo que este efeito pode ser observado através das linhas de tendência e estimativas das linhas de tendência e equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na figura 2.

Figura 2 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre o comprimento de raízes de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Na tabela 3 e figura 2, é possível observar que o cádmio teve um efeito prejudicial na emissão e crescimento das raízes de plântulas de trigo. No tratamento sem a aplicação de cádmio (0 mg/L⁻¹), houve um bom desenvolvimento das raízes. No entanto, no tratamento com 25 mg/L⁻¹, houve uma redução drástica no crescimento das raízes, e esse efeito negativo aumentou com o aumento das doses do metal, chegando à inibição completa da emissão das raízes no tratamento com 100 mg/L⁻¹ no oitavo dia de avaliação (Figura 2).

À medida que as doses de cádmio aumentaram, foi observada uma redução visível no crescimento das raízes, o que causou anormalidade nas plântulas, como necrose e atrofiamento. Esses efeitos tóxicos do metal já puderam ser identificados no tratamento 25 mg L⁻¹, no qual houve redução de aproximadamente 65% no primeiro dia de avaliação em comparação com o tratamento controle, isso indica claramente os sintomas de toxicidade do cádmio.

Segundo Barceló e Poschenrieder (1992), a raiz é o primeiro órgão vegetativo da planta a ser afetado pelas concentrações de cádmio, conseqüentemente a mesma serve como um filtro natural, limitando assim a passagem do metal pesado à parte aérea (OLIVEIRA, 2005).

Aycicek *et al.*, (2008), em estudo realizado sobre os efeitos dos metais pesados na cultura do algodão, demonstraram que a concentração de cádmio nas raízes foi de aproximadamente 15 vezes maiores do que na parte aérea.

Em pesquisa realizada por Muhammad *et al.*, (2008), foi observado que o cádmio mesmo em baixas concentrações, diminuiu o crescimento radicular devido à redução das células mitóticas na zona meristemática da raiz. Tal fato também pode ser observado em pesquisa realizado por Guilherme *et al.*, (2015), em sementes de trigo, sendo possível notar a toxicidade do metal em concentrações de 3,37 mg L⁻¹, sendo que nessa concentração já pode haver perdas na germinação.

5.4 CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e doses de cádmio em relação à variável tamanho da parte aérea (Apêndice 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 cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar efeito significativo para o fator dias dentro de cada dose de cádmio na dose 0,0, 25,0, 50,0 e 100,0 mg L⁻¹, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na Tabela 4.

Tabela 4 - Comprimento da parte aérea das plântulas de trigo (cm plântula⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação, em função das doses de cádmio

| Dias após a Germinação | mg L ⁻¹ de cádmio | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 0 | Dp | 25 | Dp | 50 | Dp | 100 | Dp |
| QUINTO | 5,37b | 0,2023 | 3,93b | 0,2184 | 3,30c | 0,2050 | 3,03a | 0,1669 |
| SEXTO | 5,80b | 0,5276 | 4,61ab | 0,0820 | 4,19bc | 0,4167 | 2,59a | 1,6819 |
| SÉTIMO | 6,07ab | 0,3980 | 5,58a | 0,0831 | 5,07ab | 0,5574 | 0,81b | 0,8557 |
| OITAVO | 7,15a | 0,2807 | 5,86a | 0,2985 | 5,88a | 0,3330 | 0,00b | 0,0000 |
| CV (A) = 8,6% CV (B) = 14,9% | | | | | | | | |

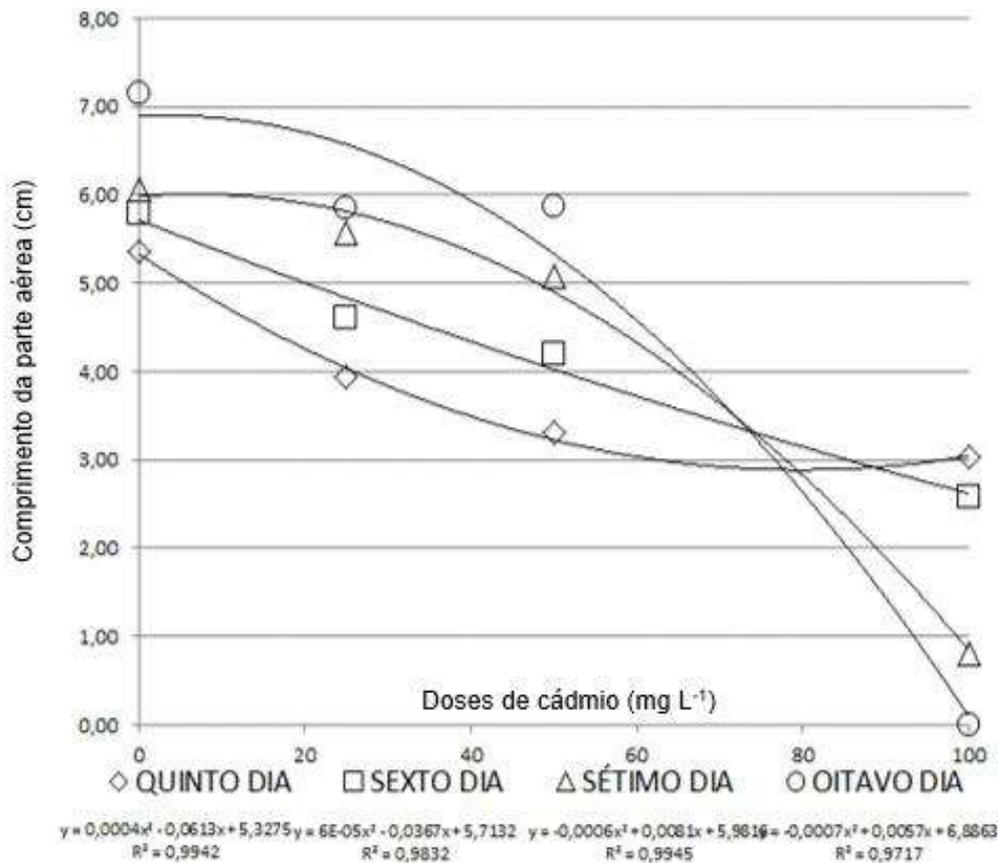
Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 99% de confiança.

Dp: desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio dentro de cada dia, isto é, no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia, sendo que este efeito pode ser observado através das linhas de tendência e estimativas das linhas de tendência e equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na figura 3.

Figura 3 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre o comprimento da parte aérea de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Através da figura 3, é possível observar uma tendência de redução no comprimento da parte aérea à medida que as doses de cádmio aumentam. Até o tratamento de 50 mg L⁻¹, não teve um impacto significativo no desenvolvimento da parte aérea de plântulas de trigo. No entanto, no tratamento com 100 mg L⁻¹, o efeito do cádmio se tornou mais evidente no sétimo dia de avaliação, resultando em uma redução drástica de aproximadamente 86% em comparação com o tratamento controle.

No oitavo dia de avaliação, na dose de 100 mg L⁻¹, foi observado que o cádmio impediu a emissão da parte aérea. Esses resultados estão em concordância com um estudo realizado por Liu et al., (2014), que utilizou doses de cádmio na cultura do algodoeiro, sendo observado uma redução de 43% na área foliar no primeiro dia de avaliação, na dose de 100 mg/L de cádmio, em comparação com o tratamento controle. Assim ficando evidente o efeito tóxico do cádmio no desenvolvimento da parte aérea das plântulas de trigo, o que está em concordância com descobertas semelhantes em outras culturas, como o algodoeiro.

Ahmad *et al.*, (2012), que testaram o comportamento de trigo frente a diferentes doses de cádmio, observaram que o metal reduziu significativamente o tamanho da parte aérea já nas primeiras doses utilizadas (5 mg L^{-1}) em comparação com a dose controle, sendo em doses mais elevadas, 20 a 80 mg L^{-1} , ocorreu uma maior inibição do crescimento, podendo ser observado o mesmo efeito no comprimento da raiz, assim é possível considerar esses pontos como bons indicadores para a toxicidade do metal, pois são os pontos finais mais sensíveis da cultura (CORREA *et al.*, 2006). O mesmo pode ser observado em experimento realizado por Fanc *et al.*, 2012, com sementes de salsa, que demonstraram uma inibição maior no crescimento radicular, do que na parte aérea, e em doses de apenas $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ já se notou o efeito negativo que o cádmio proporcionou no desenvolvimento das raízes, diferentemente da parte aérea, na qual notou-se a inibição do crescimento em relação ao controle ocorreu em doses de 1 mg L^{-1} .

5.5 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e doses de cádmio em relação à variável matéria seca (Apêndice 4), 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 cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar efeito significativo para o fator dias dentro de cada dose de cádmio na dose 0,0, 25,0 e $100,0 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que a comparação de médias entre os níveis deste fator é representada na Tabela 5.

Tabela 5 - Peso médio das plântulas de trigo (mg plântula^{-1}), mensurados durante os ensaios de germinação de trigo, em função das doses de cádmio

| Dias após a Germinação | mg L ⁻¹ de cádmio | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|---------|--------|----------|--------|---------|--------|
| | 0 | Dp | 25 | Dp | 50 | Dp | 100 | Dp |
| QUINTO | 0,052c | 0,0057 | 0,038b | 0,0029 | 0,041ns* | 0,0041 | 0,021ab | 0,0162 |
| SEXTO | 0,055c | 0,0020 | 0,040b | 0,0076 | 0,054 | 0,0077 | 0,034a | 0,0217 |
| SÉTIMO | 0,081b | 0,0056 | 0,055ab | 0,0073 | 0,063 | 0,0018 | 0,019ab | 0,0207 |
| OITAVO | 0,131a | 0,0040 | 0,069a | 0,0063 | 0,045 | 0,0141 | 0,000b | 0,0000 |
| CV (A) = 8,6% CV (B) = 14,9% | | | | | | | | |

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 99% de confiança.

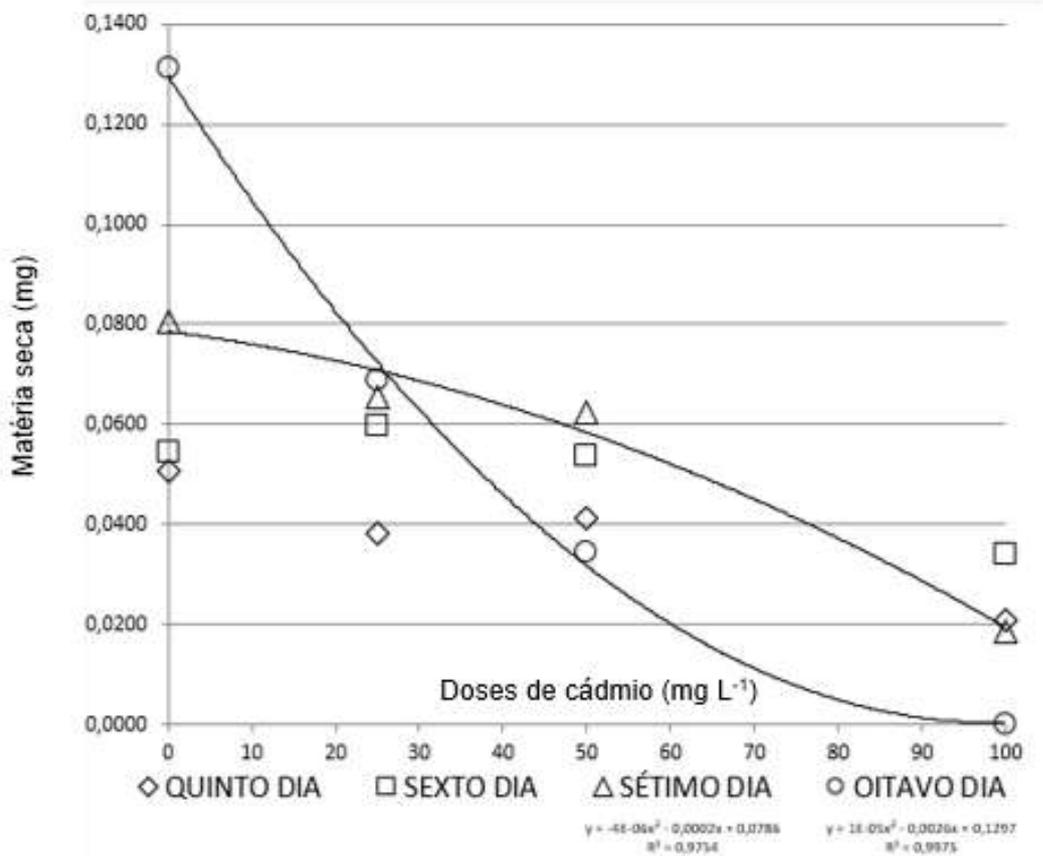
*ns: não significativo.

Dp: desvio padrão

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio dentro de cada dia, isto é, no sétimo e oitavo dia, sendo que este efeito pode ser observado através das linhas de tendência e estimativas das linhas de tendência e equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na figura 4.

Figura 4 - Equações polinomiais de ordem 2, referentes ao efeito das doses de cádmio sobre a matéria seca de plântulas de trigo, em 4 dias de avaliação.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Como é possível observar na tabela 5, já na primeira dose utilizada (25 mg L⁻¹), houve um decréscimo na matéria seca em comparação à dose controle. É evidente que na dose de 100 mg L⁻¹, no primeiro dia de avaliação, ocorreu uma redução de aproximadamente 40% na matéria seca em relação ao tratamento controle, intensificando com o passar dos dias de avaliação. Além disso, ao longo de um período maior de exposição ao cádmio, no oitavo dia, não foram obtidas plântulas normais para pesagem, como pode ser observado na tabela 1, 3 e 4, as quais estão correlacionadas. Isso claramente demonstra o efeito tóxico do cádmio na matéria seca nas plântulas de trigo.

Esse efeito inibitório de crescimento e desenvolvimento que o cádmio proporciona, foi observado também por Liu (2014), que obteve um decréscimo da biomassa vegetal, em função do aumento das concentrações de cádmio, obtendo uma redução de biomassa em altas concentrações (5,6 e 11,24 mg L⁻¹) de aproximadamente 44%.

CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho foi possível concluir que o cádmio afetou negativamente o potencial de germinação das sementes de trigo em relação as doses testadas e os dias de avaliação.

O crescimento da parte aérea foi retardado principalmente na dose de 100 mg L^{-1} , sendo em maiores expressões no sétimo e oitavo dia. Já o comprimento da raiz foi afetado a partir da dose de 25 mg L^{-1} , sendo mais afetado na dose de 100 mg L^{-1} .

A matéria seca das plântulas de trigo foi afetada negativamente tanto com o aumento das doses, quanto aos dias de avaliação, com ênfase à dose de 100 mg L^{-1} no oitavo dia de avaliação.

A velocidade de germinação teve variação em relação as doses de cádmio testadas, sendo que a dose de 0 mg L^{-1} obteve os melhores resultados.

6 REFERÊNCIAS

- AHMAD, Iftikhar et al. Effect of cadmium on seed germination and seedling growth of four wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Pak. J. Bot**, v. 44, n. 5, p. 1569-1574, 2012.
- AKINCI, Irfan Ersin; AKINCI, Sermin. Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 29, p. 4589-4594, 2010.
- ALVES, Maurício Vicente et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008.
- ARES, G.; GRANATO, D. Mathematical and statistical methods in food science and technology. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014. 536p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TRIGO. **História do trigo**. Disponível em: <<https://www.abitrigo.com.br/conhecimento/historia-do-trigo/>>. Acessado em: 17 de jul. 2022.
- AYCICEK, Mehmet; INCE, Muharrem; YAMAN, Mehmet. Effects of cadmium on the germination, early seedling growth and metal content of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **International Journal of Science & Technology**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2008.
- BARCELÓ, Juan; POSCHENRIEDER, Charlotte. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. **Suelo y planta**, v. 2, n. 2, p. 345-361, 1992.
- BIOTRIGO. **O trigo na história**. 2022. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/o-trigo-na-historia/>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- BIOTRIGO. **TBIO NOBLE**. 2023. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/cultivares/tbio-noble/>. Acesso em: 08 jul. 2023
- BIZARRO, Veridiana Gonçalves; MEURER, Egon José; TATSCH, Fernanda Roberta Pereira. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, p. 247-250, 2008.
- BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- CANAL RURAL. **Alta no preço do trigo é reflexo da guerra, diz CONAB**. São Paulo: Canal Rural, 22 mar. 2022. Diário. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/alta-no-preco-do-trigo-e-reflexo-da-guerra-diz-conab/>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise Mensal: Dezembro de 2022**. CONAB, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado->

[agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo](#)>. Acesso em: 17 fev. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise Mensal: Dezembro de 2020**. CONAB, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009**, Governo Federal: Brasília. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=111046>. Acesso em: 08/07/2023.

Correa, A.X.R., L.R. Rorig, M.A. Verdinelli, S. Cotelle, J.F. Ferard and C.M. Radetski. 2006. Cadmium phytotoxicity: Quantitative sensitivity relationships between classical endpoints and antioxidative enzyme biomarkers. *Sci. Total Environ.*, 357: 120-127.

DE ALKIMIM FILHO, Juarez Fabiano. Ocorrência de arsênio, cádmio e chumbo em tecidos de aves, suínos, bovinos de corte e equinos no Brasil. 2011.

DE SOUZA GUILHERME, Maria de Fátima; DE OLIVEIRA, Habyhabanne Maia; DA SILVA, Edevaldo. Cadmium toxicity on seed germination and seedling growth of wheat *Triticum aestivum*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 4, p. 499-504, 2015.

DUCCA, Del et al. Crescimento de milho transgênico (Bt) e não transgênico inoculados com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado por cádmio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1275-1281, 2015.

DUFFUS, John H. " Heavy metals" a meaningless term?(IUPAC Technical Report). **Pure and applied chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira de. Cerrado, Revolução Verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, p. 473-488, 2022.

EMBRAPA. **Embrapa suínos e aves: estatísticas**. Estatísticas. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 22 jul. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Produção de suínos em Santa Catarina: uma análise da regionalização dos abates (2013 - 2018)**. Florianópolis, 16 ago. 2019. Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/2019/08/16/producao-de-suinos-em-santa-catarina-uma-analise-da-regionalizacao-dos-abates-2013-2018/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

Exportação brasileira de trigo cresce mais de 1.700% em março. **CANAL RURAL**, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/exportacao-brasileira-de-trigo-dispara/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FERREIRA, Miriã Maria Almeida de Abreu et al. Toxidez de cádmio inibe o crescimento e altera a absorção de nutrientes do girassol. 2014. Disponível em:

<<http://200.128.85.39/bitstream/123456789/857/1/Disserta%20a7%20a3o%20SQE%20-%20Miri%20a3%20Ferreira%20Copy.pdf>> Acesso em: 27 fev. 2023.

FINATTO, Jordana et al. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista destaques acadêmicos**, v. 5, n. 4, 2013.

FONTANELI, Renato Serena *et al* (ed.). **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira: morfologia de gramíneas forrageiras**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 542 p.

GUIMARÃES, Marcelo de A. et al. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 2, p. 58-68, 2008.

GUIMARÃES, Marcelo, Almeida et al. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Minas Gerais, v. 1, N. 3, p. 58 - 68 2008.

KING, R. H. et al. The effect of dietary cadmium intake on the growth performance and retention of cadmium in growing pigs. *Animal feed science and technology*, v. 37, n. 1-2, p. 1-7, 1992.

LIU, Liantao et al. Effects of cadmium (Cd) on seedling growth traits and photosynthesis parameters in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Plant Omics**, v. 7, n. 4, p. 284-290, 2014.

LIU, Sujing et al. The effects of cadmium on germination and seedling growth of Suaeda salsa. **Procedia Environmental Sciences**, v. 16, p. 293-298, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MAIS SOJA. **A escala fenológica da cultura do trigo**. 2021. Disponível em: <https://maissoja.com.br/a-escala-fenologica-da-cultura-do-trigo/>. Acesso em: 19 jul. 2022.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa Nº 38, de 30 de novembro de 2010**, Governo Federal: Brasília. Disponível em: [https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=358389789#:~:text=%2D22%2C%20resolve%3A-,Art.,Anexos%20%20C3%A0%20presente%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa](https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=358389789#:~:text=%2D22%2C%20resolve%3A-,Art.,Anexos%20%20C3%A0%20presente%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa.). Acesso em: 05 jun. 2023.

MOREIRA, Cristiano; CAMACHO, Marcos Antônio; GRAICHEN, Felipe André Sganzerla. Redução da severidade da brusone do trigo com aplicação foliar de sulfato de zinco. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 255-259, 2020.

NASCIMENTO, F. M. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de aveia preta sob diferentes concentrações de cobre**. Chapecó: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2021, 23p.

NASCIMENTO, Mathias Ottonelli do. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes concentrações de cádmio. 2023.

OLIVEIRA, C.; SOBRINHO N. M. B. A.; MARQUES, V. S.; MAZUR, N. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecidos com cádmio e zinco na cultura do arroz. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.1, p.109-116, 2005;

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed, Piracicaba: Livro ceres, 2000, 480p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Fealq, Piracicaba, 2007.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process. *Brazilian Journal of Botany*, v.29, n.1, p.1-11, 2006.

REETZ, Harold. **Fertilizantes e seu Uso Eficiente**. Paris: International Fertilizer Industry Association (Ifa), 2016. 178 p.

REZENDE, G. F. et al. **Evolução dos metais pesados em área com aplicação de esterco líquido de suínos, no município de Uberaba**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis, 2013.

ROSNIECEK, Kathleen Steiner et al. Germinação de espécies forrageiras na presença de cádmio, cobre e chumbo. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 19, n. 3, p. 270-277, 2020.

SÁ, M. E.; OLIVEIRA, S. A.; BERTOLIN, D. C. **Roteiro prático da disciplina de produção e tecnologia de sementes: análise da qualidade de sementes**. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011.

SHAARI, N. E. M. et al. Cadmium toxicity symptoms and uptake mechanism in plants: a review. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, 2022.

SHAFIQ, Muhammad; IQBAL, M. Zafar; MOHAMMAD, Athar. Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, v. 12, n. 3, 2008.

SILVA, Maria Ligia de Souza; 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, p. 527-535, 2007.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). World Agricultural Production. Washington, D.C., 2023. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 07 jul. 2023.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2004, 402p.

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 | 2,250 | | | | |
| DOSES DE CÁDMIO | 3 | 59371,250 | 19790,4 | 7344,90 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 24,250 | 2,694 | | | |
| PARCELAS | 15 | 59397,750 | | | | |
| DIAS | 3 | 8125,250 | 2708,417 | 1291,43 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| Cd X DIAS | 9 | 9531,250 | 1059,028 | 504,97 | 2,96 | F(0,01;9;36) |
| RESÍDUO B | 36 | 75,500 | 2,097 | | | |
| TOTAL | 63 | 77129,750 | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|-----------|----------|---------|--------|-------------|
| BLOCOS | 3 | | | | | |
| DIAS | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (A) | 9 | | | | | |
| PARCELAS | 15 | | | | | |
| DOSES(QUINTO DIA) | 3 | 11289,000 | 3763,000 | 1794,28 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SEXTO DIA) | 3 | 18254,750 | 6084,917 | 2901,42 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SÉTIMO DIA) | 3 | 19506,750 | 6502,250 | 3100,41 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(OITAVO DIA) | 3 | 19852,000 | 6617,333 | 3155,28 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (B) | 36 | 75,500 | 2,097 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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 | | | | | |
| DOSES | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (B) | 36 | | | | | |
| DIAS(DOSE ZERO) | 3 | 128,750 | 42,917 | 15,93 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 25) | 3 | 12457,000 | 4152,333 | 1541,07 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE50) | 3 | 4728,750 | 1576,250 | 585,00 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 100) | 3 | 342,000 | 114,000 | 42,31 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 24,250 | 2,694 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

APÊNDICE B

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA (COMPRIMENTO RADICULAR)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|---------|-------|--------|--------|--------------|
| BLOCOS | 3 | 1,023 | | | | |
| DOSES DE CÁDMIO | 3 | 383,618 | 127,9 | 268,96 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 4,279 | 0,475 | | | |
| PARCELAS | 15 | 388,920 | | | | |
| DIAS | 3 | 4,016 | 1,339 | 6,51 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| Cd X DIAS | 9 | 21,466 | 2,385 | 11,60 | 2,96 | F(0,01;9;36) |
| RESÍDUO B | 36 | 7,403 | 0,206 | | | |
| TOTAL | 63 | 421,805 | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|---------|--------|--------|--------|-------------|
| BLOCOS | 3 | | | | | |
| DIAS | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (A) | 9 | | | | | |
| PARCELAS | 15 | | | | | |
| DOSES(QUINTO DIA) | 3 | 68,804 | 22,935 | 111,52 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SEXTO DIA) | 3 | 66,397 | 22,132 | 107,62 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SÉTIMO DIA) | 3 | 91,393 | 30,464 | 148,14 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(OITAVO DIA) | 3 | 178,489 | 59,496 | 289,31 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (B) | 36 | 7,403 | 0,206 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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 | | | | | |
| DOSES | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (B) | 36 | | | | | |
| DIAS(DOSE ZERO) | 3 | 19,842 | 6,614 | 13,91 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 25) | 3 | 0,451 | 0,150 | 0,32 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 50) | 3 | 3,615 | 1,205 | 2,53 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 100) | 3 | 1,573 | 0,524 | 1,10 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 4,279 | 0,475 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

APÊNDICE C

QUADRO DE VARIÂNCIA (COMP DA PARTE AÉREA)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|---------|-------|--------|--------|--------------|
| BLOCOS | 3 | 0,642 | | | | |
| DOSES DE CÁDMIO | 3 | 176,792 | 58,9 | 237,97 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 2,229 | 0,248 | | | |
| PARCELAS | 15 | 179,663 | | | | |
| DIAS | 3 | 5,336 | 1,779 | 3,80 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| Cd X DIAS | 9 | 50,624 | 5,625 | 12,01 | 2,96 | F(0,01;9;36) |
| RESÍDUO B | 36 | 16,862 | 0,468 | | | |
| TOTAL | 63 | 252,484 | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|---------|--------|--------|--------|-------------|
| BLOCOS | 3 | | | | | |
| DIAS | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (A) | 9 | | | | | |
| PARCELAS | 15 | | | | | |
| DOSES(QUINTO DIA) | 3 | 13,063 | 4,354 | 9,30 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SEXTO DIA) | 3 | 21,101 | 7,034 | 15,02 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SÉTIMO DIA) | 3 | 70,052 | 23,351 | 49,85 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(OITAVO DIA) | 3 | 123,200 | 41,067 | 87,68 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (B) | 36 | 16,862 | 0,468 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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 | | | | | |
| DOSES | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (B) | 36 | | | | | |
| DIAS(DOSE ZERO) | 3 | 6,956 | 2,319 | 9,36 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 25) | 3 | 9,465 | 3,155 | 12,74 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE50) | 3 | 14,700 | 4,900 | 19,79 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 100) | 3 | 24,840 | 8,280 | 33,44 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 2,229 | 0,248 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

APÊNDICE D

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA (% MATÉRIA SECA)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|-------|-------|--------|--------|--------------|
| BLOCOS | 3 | 0,000 | | | | |
| DOSES DE CÁDMIO | 3 | 0,030 | 0,0 | 64,41 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 0,001 | 0,000 | | | |
| PARCELAS | 15 | 0,032 | | | | |
| DIAS | 3 | 0,004 | 0,001 | 10,06 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| Cd X DIAS | 9 | 0,019 | 0,002 | 15,53 | 2,96 | F(0,01;9;36) |
| RESÍDUO B | 36 | 0,005 | 0,000 | | | |
| TOTAL | 63 | 0,060 | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X

DIAS + GL DO FATOR DOSES

| CAUSA DA VARIACÃO | GL | SQ | QM | F(cal) | F(tab) | |
|-------------------|----|-------|-------|--------|--------|-------------|
| BLOCOS | 3 | | | | | |
| DIAS | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (A) | 9 | | | | | |
| PARCELAS | 15 | | | | | |
| DOSES(QUINTO DIA) | 3 | 0,002 | 0,001 | 4,66 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SEXTO DIA) | 3 | 0,001 | 0,000 | 3,05 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(SÉTIMO DIA) | 3 | 0,008 | 0,003 | 19,82 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| DOSES(OITAVO DIA) | 3 | 0,037 | 0,012 | 91,65 | 6,99 | F(0,01;3;9) |
| RESÍDUO (B) | 36 | 0,005 | 0,000 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

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 | | | | | |
| DOSES | 3 | | | | | |
| RESÍDUO (B) | 36 | | | | | |
| DIAS(DOSE ZERO) | 3 | 0,016 | 0,005 | 35,64 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 25) | 3 | 0,002 | 0,001 | 5,40 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE50) | 3 | 0,002 | 0,001 | 4,08 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| DIAS(DOSE 100) | 3 | 0,002 | 0,001 | 5,15 | 4,39 | F(0,01;3;36) |
| RESÍDUO (A) | 9 | 0,001 | 0,000 | | | |
| TOTAL | 63 | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.