

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Mariane Comiran

**TOXIDEZ POR COBRE: REFLEXOS NA QUALIDADE DE SEMENTES
E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE AVEIA PRETA.**

Santa Maria, RS
2017

Mariane Comiran

**TOXIDEZ POR COBRE: REFLEXOS NA QUALIDADE DE SEMENTES E NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE AVEIA PRETA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

COMIRAN, MARIANE

TOXIDEZ POR COBRE: REFLEXOS NA QUALIDADE DE SEMENTES
E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE AVEIA PRETA. / MARIANE
COMIRAN.- 2017.

54 p.; 30 cm

Orientador: Ubirajara Russi Nunes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2017

1. Memorização do estresse 2. Metais pesados 3.
Deterioração artificial 4. Avena strigosa Schreb I. Russi
Nunes, Ubirajara II. Título.

Mariane Comiran

**TOXIDEZ POR COBRE: REFLEXOS NA QUALIDADE DE SEMENTES E NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE AVEIA PRETA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

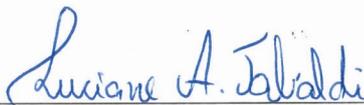
Aprovado em 24 de Fevereiro de 2017:



Dr. Ubirajara Russi Nunes
(Presidente/Orientador)



Dr. Géri Eduardo Meneghêlo (UFPEL)



Dr. Luciane Almeri Tabaldi (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

À minha família, meus pais Ivo Comiran e Shirley Terezinha Poggio Comiran, e meus irmãos Ronaldo Comiran e Maiara Comiran, os alicerces de minha vida, que deram sentido as palavras amor e cuidado. À meus avós, Adolpho Comiran e Aurora Maria Comiran (*in memoriam*), e Pedro Poggio (*in memoriam*) e Angelina Maria Poggio que foram e são minha inspiração diária. Ao meu companheiro de formação, de vida e sonhos, Raí Augusto Schwalbert, por seu constante incentivo, apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter fornecido as ferramentas necessárias para meu crescimento profissional e pessoal. Por iluminar meus passos e me guiar nas dificuldades. Por proteger e cuidar de mim e dos meus.

Agradeço aos meus pais, Shirley e Ivo pelo constante investimento em minha educação e formação. Por serem meu maior exemplo de comprometimento com suas profissões e com a família. Obrigada pelo incentivo, dedicação e amor, nada seria possível sem o apoio de vocês.

A minha irmã Maiara que sempre esteve junto a mim, da primeira ultrassonografia à concretização de nossos sonhos, pela eternidade. Não há palavras que expressem sua importância em minha vida.

Ao meu irmão Ronaldo e a minha cunhada Alexsandra que me presentearam com um dos mais lindos presentes, minha afilhada Laura Gabriela, que se tornou a alegria dos meus dias.

Ao meu namorado, Raí Augusto Schwalbert, que me incentivou a acompanhá-lo na Pós-Graduação, iniciando e finalizando mais este projeto de vida à meu lado. Obrigada pelo seu apoio e amor incondicional, que muitos outros projetos possam ser construídos à teu lado.

Ao professor Dr. Ubirajara Russi Nunes, por ter oportunizado a realização deste mestrado, pela orientação, paciência, ensinamentos e amizade que construímos. À professora Dr^a. Luciane Tabaldi por todo seu empenho, ensinamentos e principalmente por sua amizade, carinho e atenção. Obrigada por tornar este sonho possível e por estar constantemente presente e disposta a me receber durante o desenvolver deste projeto que é nosso. Ao pesquisador Dr. Géri Eduardo Meneghello por aceitar participar da banca examinadora. Ao professor Rogério Luiz Backes e aos amigos e colegas do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes: Rafaella Gai dos Santos, Tiéle Fernandes, Eduardo Ludwig Eduardo, Joner Dalcin, Rodrigo Roso, Lovane Fagundes, Priscila Barbieri, Janine Menegaes, Pablo Reno Sangoi pelo acolhimento, amizade e ajuda durante a execução dos trabalhos.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa em Fisiologia de Plantas de Interesse Agrobiológico: Victória Sasso, Daniele Bernardy, Wilson Rotili, Mirian Berger, Ruziele Sandri, Aniélen Dutra, Miriam Tavares, Raíssa Schwalbert, Letícia Frizzo, Anderson Marques, Camila Peligrinotti Tarouco, Marcio Renan Weber Schorr, por todo apoio nos trabalhos e amizade.

Aos produtores e “tios” Sonia e Valdir Dalla Costa Souza pelo fornecimento do lote de sementes de aveia preta utilizado neste trabalho, pela amizade e carinho.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade.

A CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa concedida.

Enfim, a todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

TOXIDEZ POR COBRE: REFLEXOS NA QUALIDADE DE SEMENTES E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE AVEIA PRETA.

AUTORA: Mariane Comiran
ORIENTADOR: Ubirajara Russi Nunes

O cobre (Cu) está entre os metais cujos teores em solo foram elevados ao longo dos anos em decorrência de ações antrópicas como a aplicação de dejetos de animais e fungicidas cúpricos. Como reflexo destes aumentos o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas nestes ambientes pode ser limitado e comprometido. Consideradas as particularidades das diferentes espécies em resistirem e completarem seu ciclo sobre estas condições pretendeu-se com este trabalho avaliar a interferência do Cu sobre o estabelecimento e crescimento inicial da aveia preta. Os tratamentos foram configurados em bifatorial 5x2, com cinco concentrações de cobre (0, 60, 120, 180, 240 μM) e dois sublotes (níveis de vigor). Nesse sentido, foram realizadas análises dos parâmetros fisiológicos de plântulas e plantas de aveia preta de dois sublotes de sementes, um envelhecido e outro não envelhecido, ambos originados de um único lote. Foram realizados dois experimentos; o primeiro, avaliou parâmetros fisiológicos que compreendem a capacidade de estabelecimento das plântulas, através dos testes de primeira contagem e germinação de sementes em germinador tipo BOD com condições controladas; o segundo experimento, consistiu do cultivo de plantas em sistema hidropônico e avaliou parâmetros fisiológicos de crescimento, como o comprimento e a massa seca de parte aérea e raiz, e comprimento e massa seca total. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado em ambos os experimentos, sendo o segundo experimento com arranjo experimental em parcela sub subdividida. As concentrações de Cu não afetaram a capacidade de estabelecimento de plântulas, por outro lado o vigor do sub lote de sementes afetou esta capacidade, sendo que melhor estabelecimento foi observado no sub lote não envelhecido (alto vigor). O crescimento inicial de plantas de aveia preta foi influenciado negativamente por concentrações de Cu superiores a 60 μM independente do sub lote em estudo. Plântulas oriundas do sub lote não envelhecido (alto vigor) apresentaram crescimento inicial superior as oriundas do sub lote envelhecido (baixo vigor), entretanto a aclimação em sistema hidropônico as igualou em crescimento de raiz e ocasionou uma inversão no crescimento total da planta, sendo este superior em plantas do sub lote de baixo vigor.

Palavras-chave: Memorização do estresse. Metais pesados. Deterioração artificial. *Avena strigosa* Schreb.

ABSTRACT

COPPER TOXICITY: REFLECTIONS ON SEED QUALITY AND INITIAL DEVELOPMENT OF BLACK OATS.

AUTHOR: Mariane Comiran
ADVISOR: Ubirajara Russi Nunes

Copper (Cu) is among the limiting metals to plants growth and development that had its content in the soil elevated over the years through anthropogenic actions such as the application of manure and cupping fungicides. As a reflection of these increases the establishment and development of plants grown in these environments can be limited and compromised. Considering the particularities of the different species in resisting and completing their cycle on these conditions this work aimed to evaluate Cu interference on the establishment and initial growth of black oats. The treatments were set up in 5x2 bifactorial, with five concentrations of copper (0, 60, 120, 180, 240 μM) and two sub lots (vigor levels). Thus, analyzes of physiological parameters of black oat seedlings and plants from two sub lots, one artificially aged and another not, both originated from a single lot, were performed. Two experiments were carried out; in the first one, physiological parameters were evaluated which comprise the establishment capacity of the seedlings such as the first count and germination test in B.O.D germinator with controlled conditions; the second one consisted in hydroponic plant cultivation and evaluated physiological parameters of growth, such as length and dry mass of shoot and root, and length and total dry mass. A completely randomized design was adopted in both experiments, being the second one in a split-split plot arrangement. Cu concentrations did not affect seedling establishment capacity, on the other hand the vigor of the seed sub lot affected this ability, with more vigorous (not aged) seeds sub lot having a better establishment. Cu concentrations were detrimental to the initial growth of black oat plants above 60 μM independent of sub lot studied. Seedlings from the non-aged sub lot (high vigor) presented higher initial growth than those from the aged sub lot (low vigor), however acclimatization in the hydroponic system equaled them in root growth and caused an inversion in the total plant growth, being this higher in low vigor sub lot plants.

Keywords: Stress memory. Heavy metal. Artificial deterioration. *Avena strigosa* Schreb.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Efeito dos níveis de vigor sobre a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem e na germinação (A), e porcentagem de plântulas danificadas e plântulas mortas (B) cultivadas em germinador tipo BOD.....41
- Figura 2 - Efeito da concentração de cobre e dos níveis de vigor sobre o comprimento de parte aérea (A), comprimento de raiz (B), comprimento total (C) e massa seca de plântulas(D) cultivadas em germinador tipo BOD42
- Figura 3 - Efeito da concentração de cobre sobre o comprimento de raiz (A) comprimento de parte aérea (C), comprimento total (E) e massa seca de raiz (B), massa seca de parte aérea (D) e massa seca total (F) de plântulas cultivadas em sistema hidropônico .43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Teor de umidade no subote envelhecido após aplicação da metodologia de envelhecimento acelerado. Média da porcentagem de umidade.40
- Tabela 2 - Caracterização inicial de dois subotes de sementes de aveia preta comum. Médias da porcentagem de umidade e massa de mil sementes..... 40
- Tabela 3 - Caracterização inicial de dois subotes de sementes de aveia preta comum em condições controladas. Médias da porcentagem de germinação (G), primeira contagem (PC), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica massal (CEM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT) e massa seca de plântula (MS).40
- Tabela 4 - Caracterização inicial de dois subotes de sementes de aveia preta comum em condições ambientais naturais. Médias do índice de velocidade de emergência em solo (IVE), da porcentagem de plântulas emergidas (EM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT) e massa seca de plântula (MS)..... 40
- Tabela 5 - Comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, comprimento total e massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas provenientes de sementes de alto e baixo vigor cultivadas em sistema hidropônico.41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1 HIPÓTESES	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3. ARTIGO – TOXIDAZ POR COBRE: ESTABELECIMENTO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE AVEIA PRETA.....	18
ABSTRACT	18
RESUMO	19
Introdução	20
Material e métodos	22
Resultados e discussão	27
Conclusões.....	35
Referências Bibliográficas.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE	48
ANEXO.....	51

1. INTRODUÇÃO GERAL

O comportamento humano e o desenvolvimento de atitudes ambientalmente corretas, assim como a abordagem de técnicas visionárias na manutenção, recuperação e preservação de áreas contaminadas impulsiona as pesquisas de interação entre planta e metais pesados. A poluição advinda dos metais pesados é considerada atualmente um problema ambiental mundial e dentro desta escala o ser humano e suas ações possuem sua parcela de responsabilidade.

A poluição de solos agricultáveis pode ser gerada de diferentes formas e por uma ampla diversidade de elementos e nesta concepção alguns metais são mais frequentes que outros. Neste trabalho, priorizou-se abordar a problemática derivada da contaminação do solo por cobre (Cu), um elemento essencial as plantas e que desempenha funções muito importantes no crescimento e desenvolvimento, como componente de proteínas e enzimas que participam do aparato fotossintético, da formação da parede celular e do sistema de defesa antioxidante da planta.

O aumento das concentrações de cobre nestes solos decorre principalmente de duas situações/conjunturas. Uma compreende o manejo fitossanitário, em que alguns produtos apresentam em sua composição base cúprica, como ocorre com a calda bordalesa [$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$], um fungicida utilizado especialmente para controle de míldio em áreas cultivadas com frutíferas. Já o outro propulsor deste excesso é o uso indiscriminado de dejetos orgânicos como forma de fertilização dos solos, citando-se como principal o dejetos líquido de suíno, sendo que este organismo possui uma alta exigência alimentar em cobre e por outro lado não é capaz de retê-lo, resultando em dejetos com altos teores de cobre que posteriormente serão aplicados a campos produtivos.

Como reflexo destes aumentos em solo o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas neste ambiente pode ser comprometido. As reduções em germinação e emergência de plântulas são constantemente relatadas na literatura, e o impacto no crescimento seja em comprimento de parte aérea, raiz e em biomassa não pode ser tido como exceção. Ele é resultado do excesso de cobre sobre os processos morfofisiológicos que ocorrem na planta, fotossíntese, divisão celular, atividade do sistema de defesa antioxidante, capacidade de absorção e translocação de nutrientes.

As plantas de cobertura, como a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) costumam ser utilizadas com o intuito de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e protegê-lo das intempéries climáticas, do impacto das gotas da chuva e do transporte de partículas por escoamento superficial. Considerados estes benefícios e as demais formas de

utilização desta espécie ela ocupou uma parcela de 3,85 milhões de hectares no Rio Grande do Sul durante a safra 2013/2014 (ABRASEM, 2015).

Dada a expansão da área cultivada e os objetivos do uso desta espécie é importante observar a procedência e a qualidade das sementes utilizadas nestes campos, visto que o potencial fisiológico da semente é um dos principais responsáveis pela rápida emergência e estabelecimento do estande de plantas influenciando a velocidade com que ocorre a cobertura do solo. Algumas espécies são tolerantes as condições de estresse químico impostas pela contaminação do solo por Cu, completando seu ciclo de desenvolvimento. Neste sentido, propôs-se neste estudo avaliar a capacidade de lotes de sementes de aveia preta de distintos potenciais fisiológicos gerarem plantas capazes de se estabelecerem, crescerem e desenvolverem-se sobre este ambiente adverso.

1.1 HIPÓTESES

A contaminação dos solos por cobre reflete negativamente na germinação das sementes, influenciando a emergência e o desenvolvimento inicial de plantas de aveia preta.

O potencial fisiológico das sementes determina seu comportamento em solos contaminados por cobre, sendo que plântulas oriundas de sementes de alto vigor apresentam maior tolerância a estas condições.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Verificar se a toxidez por cobre atua sobre os processos de germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento inicial da aveia preta.

1.2.2 Objetivos específicos

Verificar o potencial de estabelecimento de plântulas de aveia preta oriundas de sementes com diferentes níveis de vigor em ambientes com diferentes concentrações de cobre.

Verificar se o cobre afeta o crescimento e o desenvolvimento inicial das plantas de aveia preta originadas de sementes com diferentes potenciais fisiológicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cobre (Cu) é um micronutriente com papel definido no desenvolvimento das plantas e participa de importantes processos fisiológicos como componente estrutural e metabólico. Devido a sua capacidade de alternar-se entre os estados oxidado (Cu^{+2}) e reduzido (Cu^{+}) sua principal função é a composição de proteínas envolvidas em reações de oxi-redução (YRUELA, 2009), como a plastocianina presente na cadeia transportadora de elétrons do fotossistema I da fotossíntese (MARSCHNER, 2012) e o complexo multiproteico IV – citocromo c oxidase que participa da cadeia transportadora de elétrons da respiração mitocondrial (YRUELA, 2009).

O cobre ainda atua na síntese de carboidratos (KABATA-PENDIAS, 2011) e como co-fator de enzimas, a exemplo polifenol oxidase e superóxido dismutase dependente de Cu/Z que agem, respectivamente, na síntese de lignina para formação de parede celular e na proteção do organismo em resposta ao estresse oxidativo ocasionados pela presença de radicais superóxido (O_2^-) (MARSCHNER, 2012).

O suprimento deste nutriente às plantas depende da sua ocorrência e disponibilidade em solo, a qual resulta do material de origem e da intensidade com que os processos de formação do solo (aspectos físicos, químicos e biológicos) ocorreram (ABREU et al., 2012). Alterações nos teores deste nutriente podem ocorrer de forma natural, ainda assim, ações antropogênicas como a aplicação sequencial de fungicidas cúpricos e uso contínuo de dejetos de animais em áreas cultivadas são relatados na literatura como responsáveis pelo aumento do Cu em solo (NOGUEIROL et al., 2010; MATTIAS et al., 2010), acima dos teores críticos definidos pela Comissão de Química e Fertilidade do solo (CQFS-RS/SC, 2004).

Os dejetos de animais podem ser empregados de forma eficiente como fertilizantes no cultivo de pastagens ou grãos, como observado por Seganfredo (1998), que alcançou produtividades equivalentes a obtida com fertilizantes formulados aplicando dejetos líquidos de suínos em milho. O uso de dejetos se justifica pois estes resíduos são considerados fontes de nutrientes de baixo custo e ainda auxiliam na manutenção e melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (SEGANFREDO, 2013). No entanto sua aplicação contínua como fertilizante pode incorporar quantidades desbalanceadas de nutrientes, como o Cu (BARILLI, 2005). Marcato e Lima (2005) observaram que cerca de 86% ou mais dos microminerais (Cu, Fe, Mn e Zn) consumidos por suínos são excretados, Logo, a frequente eliminação de Cu nos dejetos pode ocasionar danos as plantas e transformar-se em fonte potencial de contaminação ambiental (SCHERER et al., 2010).

De forma semelhante e não menos importante, outra fonte responsável pelo acréscimo dos teores de Cu em solo são os fungicidas cúpricos como a calda bordalesa [$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$] (NOGUEIROL et al., 2010), um fungicida preventivo frequentemente utilizado para combate de doenças como por exemplo o míldio em videira (*Vitis vinifera*) causado pelo fungo *Plasmopara viticola* (B.) (MACKIE et al., 2012). A importância do cultivo comercial de videira no Brasil pode ser expressa através da extensa área de sua ocupação que engloba 69 096 hectares com uma produção de 1 230 346 toneladas, das quais o Rio Grande do Sul, maior produtor, compreende 64,2% da produção (IBGE, 2017). A localização das unidades produtoras neste estado fornecem condições climáticas propícias a incidência de doenças, sendo necessárias para seu controle, segundo Nogueirol et al. (2005), aproximadamente 10 aplicações de calda bordalesa por ano, o que aporta ao solo de 30 a 65 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de Cu. Este elemento é depositado ao solo através da ação imediata da água da chuva ou por meio da senescência das folhas de videira, o que conduz em longo prazo ao seu acúmulo em solo (MANTOVANI, 2009).

Inicialmente, o Cu se mantém na camada superficial do solo e em disponibilidade maiores do que os teores naturais, logo este elemento traço pode ocasionar toxidez a videira e também as demais plantas que coabitam este local, como as plantas de cobertura, que são cultivadas na entrelinha durante o outono e o inverno, período de repouso vegetativo da videira (NAGAJYOTI et al., 2010; MANTOVANI, 2009).

A toxidez deste elemento em plantas pode ser ocasionada pela união dele a grupos sulfidrilo de proteínas inibindo sua função e atividade enzimática, pela debilitação dos processos de transporte celular, pelos danos oxidativos ou por induzir a deficiência de outros íons essenciais (YRUELA, 2009). A manifestação dos sintomas de excesso de cobre pode ter início na formação da planta como observado em sementes de milho, arroz, trigo e ervilhaca que tiveram sua germinação comprometida (LUCHESE et al., 2004; AHSAN et al., 2007; GANG et al., 2013; MUCCIFORA; BELLANI, 2013), e prolongar-se pela fase plantular, com redução no comprimento de parte aérea como observado por Ahsan et al. (2007) em arroz submetido por 4 dias a doses de até 1,5 mM de Cu, e em biomassa e comprimento de radícula observadas por Pena et al. (2015) em sementes submetidas a 100 μM de CuCl_2 por 48 h. No estágio mais avançado de desenvolvimento, quando a planta já está formada e estabelecida, podem ocorrer alterações no conteúdo de pigmentos fotossintéticos com efeito negativo sobre a fotossíntese e conseqüentemente sobre o crescimento da planta, o excesso de cobre afeta ainda o conteúdo de outros elementos essenciais às plantas como ferro, potássio e magnésio (CAMBROLLÉ, 2013, 2014; LEQUEUX et al., 2010; SHI-SHENG, 2007).

As plantas apresentam mecanismos de tolerância ao estresse abiótico como o originado por cobre e demais metais pesados. Estes mecanismos estão relacionados a resposta fisiológica e bioquímica das espécies e a capacidade de translocar o cobre na planta (SOUZA et al., 2011). O sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático está entre estes mecanismos e consiste da atuação de algumas enzimas (SOD, CAT, APX) e outros antioxidantes de baixo peso molecular (ascorbato, glutathiona, compostos fenólicos, carotenóides) que controlam os níveis de espécies reativas de oxigênio (EROS) e protegem as células das condições de estresse (POSMYK et al., 2009), dos danos ao DNA, proteínas, lipídios, carboidratos e outras moléculas (TAMÁS et al., 2004; RONSEIN et al., 2006; TRIANTAPHYLIDÈS; HAVAUX, 2009; LOCATO et al., 2010; BLOKHINA et al., 2003; BARREIROS, 2006).

Além deste mecanismo as plantas podem acumular metais pesados em órgãos específicos, a exemplo algumas plantas possuem a capacidade de acumular cobre nas raízes, na forma de precipitados evitando sua translocação para a parte aérea (MENGEL; KIRKBY, 1987; GARBISU; ALKORTA, 2011; CHAVES et al., 2010), outras complexam estes metais em substâncias intracelulares (fitoquelatinas e metalotioninas) e a sequestram em compartimentos de vácuolos (KRAMER et al., 2000; MENCH et al., 1988).

Diante deste cenário plantas como a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) podem ser uma alternativa ao manejo de áreas contaminadas. Esta espécie é semeada no inverno em substituição as demais espécies cultivadas neste período e representou na safra de 2013/2014 uma área cultivada de 3,85 milhões de hectares no Rio Grande do Sul (ABRASEM, 2015). De rápido estabelecimento (CERETTA et al., 2002), crescimento vigoroso (BERTOLOTE, 2009) é empregada como cobertura atuando na proteção do solo, amenizando o impacto das gotas da chuva, evitando o transporte de partículas através do escoamento superficial, minimizando o transporte de elementos pesados para mananciais e os impactos ambientais advindos desse processo (ZANCHETTA et al., 2011). Esta espécie apresenta alta produção de biomassa, torna o ambiente mais propício a ciclagem e a liberação de nutrientes no solo devido à sua alta relação C/N dos resíduos e atua ainda como agente reestruturador de propriedades físicas e químicas do solo (SILVA et al., 2012; SOUZA et al., 2008).

A seleção de espécies adaptadas a ambientes contaminados por metais pesados é de extrema importância, entretanto o estabelecimento da cultura a campo depende de características inerentes a semente. A semente é considerada o mais importante insumo agrícola e pode definir o sucesso e o fracasso da produção, por este motivo é essencial a utilização de sementes de boa procedência e qualidade, a qual é determinada pela interação de quatro componentes básicos, genética, física, fisiologia e sanidade. Ainda que as características

genéticas indiquem o desempenho da cultivar, que as sementes estejam fisicamente puras e isentas de patógenos e insetos, o potencial fisiológico, que diz respeito a germinação e ao vigor das sementes, é o principal determinante da emergência rápida e uniforme das plântulas e do consequente estabelecimento do estande. Assim, o lote de semente deve apresentar boa qualidade para que se adapte ao ambiente, conduza a uma produção rentável e cumpra com os objetivos determinados pela sua implantação (MARCOS-FILHO, 2015).

3. ARTIGO – TOXIDAZ POR COBRE: ESTABELECIMENTO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE AVEIA PRETA.

Copper toxicity: establishment and initial growth of black oat plants.

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the interference of different copper concentrations (0, 60, 120, 180 and 240 μM) in the establishment and initial growth processes of two sub lots of black oats, being one of them originated by the accelerated aging technique. Two experiments were carried out in a completely randomized design, the first one evaluated the establishment capacity of the sub lots through the first count, germination and other complementary vigor tests; the second one was conducted in a hydroponic system and evaluated the plant growth, through height and amount of dry mass produced. Concentrations from 0 to 240 μM of Cu did not affect seedling establishment ability, on the other hand vigor did, and a better establishment was observed in the non-aged sub lot. Cu concentrations above 60 μM influenced negatively initial plant growth independent of the sub lot studied. Seedlings from the non aged sub lot showed higher initial growth than those from the aged sub lot. However, acclimatization in the hydroponic system equaled them in root growth and caused an inversion in the total plant growth, being this higher in aged sub lot plants.

Index terms: stress memory, heavy metal, artificial deterioration, *Avena strigosa* Schreb.

Toxidez por cobre: estabelecimento e crescimento inicial de plantas de aveia preta.

RESUMO - Pretendeu-se com este trabalho verificar a interferência de diferentes concentrações de cobre (Cu) (0, 60, 120, 180, 240 μM) nos processos de estabelecimento e crescimento inicial de dois sublotos de aveia preta, um dos quais foi obtido pela técnica de envelhecimento acelerado. Foram realizados dois experimentos no delineamento inteiramente casualizado, o primeiro determinou a capacidade de estabelecimento das plântulas dos sublotos através da primeira contagem, germinação e por meio de testes complementares de vigor; o segundo conduzido em sistema hidropônico permitiu observar as concentrações de Cu que afetam o crescimento das plântulas originadas dos sublotos, avaliando características morfológicas como altura e quantidade de massa seca produzida. Concentrações de 0 a 240 μM de Cu não afetaram o estabelecimento de plântulas, entretanto o vigor afetou esta capacidade e melhor estabelecimento foi observado no subote não envelhecido. O crescimento inicial das plantas foi influenciado negativamente por concentrações de Cu superiores a 60 μM independente do subote em estudo. Plântulas oriundas do subote não envelhecido apresentaram crescimento inicial superior as oriundas do subote envelhecido, entretanto a aclimação em sistema hidropônico as igualou em crescimento de raiz e ocasionou uma inversão no crescimento total da planta, sendo este superior em plantas do subote envelhecido.

Termos para indexação: memorização do estresse, metais pesados, deterioração artificial, *Avena strigosa* Schreb.

Introdução

Assim como outras plantas de cobertura a aveia (*Avena strigosa* Schreb) representa uma alternativa conservacionista para o cultivo de inverno e possui um importante papel na proteção do solo, o qual realiza por meio da minimização do impacto das gotas da chuva, reduzindo o transporte de partículas e de elementos pesados à mananciais, esse papel protecionista proporcionado por estas plantas reduz a possibilidade de maiores impactos ambientais (Zanchetta et al., 2011). Esta espécie possui uma alta produção de biomassa e uma alta relação C/N dos resíduos, proporcionando uma liberação gradual dos nutrientes no solo via decomposição, diminuindo o risco de perda por processos como a lixiviação (Silva et al., 2012). O conjunto de finalidades desta cultura, cobertura de solo, produção de grãos ou forragicultura, fez com que na safra 2013/2014 a área cultivada com aveia preta no Rio Grande do Sul, representasse 3,85 milhões de hectares (Abrasem, 2015).

Sendo o cultivo de inverno uma fonte de renda secundária e de maior risco para o produtor o investimento realizado nesta época é normalmente inferior ao realizado nas culturas de verão, o que algumas vezes pode refletir em perdas significativas de produtividade. Um exemplo disso refere-se a qualidade fisiológica das sementes utilizadas pelos produtores, a qual é um fator de grande importância com impacto direto no estande de plantas, um dos principais componentes de rendimento da cultura. No Brasil, há muita variação na qualidade da semente de espécies forrageiras comercializadas, que resulta algumas vezes no uso de sementes de baixa qualidade (Holbig et al., 2011).

A qualidade da semente é avaliada pelo somatório dos atributos genético, sanitário, físico e fisiológico que podem influenciar o desempenho da semente de aveia preta, desde a germinação, crescimento e desenvolvimento até o esgotamento de suas reservas (Aosa, 1983). Quando a semente se desvincula de sua planta mãe ela está fisiologicamente madura, apresentando sua máxima qualidade, e com o decorrer do tempo passa por um processo

contínuo e irreversível de envelhecimento que consiste no declínio de funções biológicas e fisiológicas. Esse processo consiste de algumas etapas que compreendem desde a degeneração das membranas, diminuição na taxa de crescimento e desenvolvimento, menor uniformidade e maior sensibilidade a adversidades, redução da emergência a campo, formação de plântulas anormais, até a perda do poder germinativo (Marcos Filho, 2015).

A técnica de envelhecimento acelerado simula, através de condições extremas de umidade e temperaturas, transformações que ocorrem na semente durante seu armazenamento (Ohlson et al., 2010) e tem sido utilizada tanto em laboratórios de análises de sementes como teste complementar de avaliação do vigor (Vieira e Krzyzanowski, 1999), como em estudos que visam criar sublotes com vigores distintos a partir de um único lote de sementes (Tunes et al., 2011).

O vigor da semente é apenas um dos fatores que pode influenciar o estabelecimento das plântulas a campo. Além disso, as condições climáticas e condições de solo são determinantes neste processo. Na literatura são encontrados relatos de dificuldade na germinação e estabelecimento de plântulas quando expostas a alguns metais, como cobre, cromo e cobalto (Gang et al., 2013; Muccifora e Bellani, 2013) ou a condições de estresse como por exemplo a ocasionada pelo excesso de sais (Oliveira e Filho, 2011; Silva et al. 2016).

A poluição ocasionada por metais pesados têm sido definida com um problema ambiental propagado em escalas globais e as ações antrópicas são parcialmente responsáveis por esta atual conjuntura (Ali et al., 2013). As atividades agrícolas podem ocasionar o incremento das concentrações naturais de alguns metais nos solos (Kavamura e Esposito, 2010), como exemplo a aplicação de fungicidas que possuem alto teor de cobre como a calda bordalesa, $[CuSO_4 \cdot 5H_2O + Ca(OH)_2]$ e o uso indiscriminado de dejetos animais como fonte de fertilização (Seganfredo, 2007; Nogueirol et al., 2010).

O Cu é um micronutriente essencial à planta, participando de processos de extrema importância, como fotossíntese, respiração mitocondrial, metabolismo de carboidratos (Kabata-Pendias, 2011), sistema antioxidante, formação de parede celular (Puig et al., 2007), síntese de proteínas (Yruela, 2005). Devido a sua ativa participação no metabolismo das plantas alterações nas concentrações de cobre podem ocasionar toxidez (Yruela, 2009) a qual pode se manifestar desde o estabelecimento inicial da cultura, ocasionando danos ao processo germinativo, como constatado em arroz, trigo e ervilhaca (Ahsan et al., 2007; Gang et al., 2013; Muccifora e Bellani, 2013) podendo prolongar-se por todo desenvolvimento (Ahsan et al., 2007; Pena et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento de sublotos de sementes com diferentes potenciais fisiológicos e a capacidade de estabelecimento e crescimento de plantas de aveia preta em condições que simulem solos contaminados por Cu.

Material e métodos

Descrição dos locais e material vegetal utilizado nos experimentos

O estudo foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes Departamento de Fitotecnia e em casa de vegetação e Laboratório de Bioquímica de Plantas no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria, RS.

Foi utilizado um lote de sementes de aveia preta produzido na região nordeste do Rio Grande do Sul, safra 2015. Uma parcela deste lote foi submetida ao processo de envelhecimento acelerado, gerando assim dois sublotos de sementes, um não envelhecido e outro envelhecido. Para obtenção do sublote envelhecido foram usadas caixas plásticas tipo gerbox, na qual adicionou-se 40 ml de água destilada e sob a qual foi inserida uma tela de arame galvanizado para a distribuição de 400 sementes, em seguida as caixas foram fechadas com fita crepe para manutenção da umidade em 100% e inseridas em estufa incubadora por um período de 72 horas

a uma temperatura de 42°C, seguindo metodologia adaptada de Nakagawa et al. (1995). Após o envelhecimento foi determinado o grau de umidade do sublote envelhecido (Tabela 1.) de acordo com metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes - RAS (Brasil, 2009) e foi realizada sua secagem em estufa com circulação de ar forçado a 32°C para uniformizar o grau de umidade dos sublotes de sementes em 10%.

Caracterização inicial dos sublotes de sementes após estratificação em níveis de vigor

Os sublotes gerados do processo de estratificação foram caracterizados através de testes de avaliação da qualidade física e fisiológica das sementes. Foram realizados testes de primeira contagem (PC) e germinação (G), massa de mil sementes e grau de umidade (Brasil, 2009), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de plântula (MS) (Nakagawa, 1999), envelhecimento acelerado (EA) (Nakagawa, 1995) emergência em campo (EM) (Maguire, 1962), condutividade elétrica de sementes (CEM) e teste de frio sem solo (TF) (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Para determinação de primeira contagem e germinação foram utilizadas 8 repetições por sublote. Cada repetição foi composta por 50 sementes que foram semeadas em papel filtro umedecido à 2,5 vezes o peso do papel seco e mantido em germinador tipo BOD (Box Organism Development) com temperatura regulada a 20°C e fotoperíodo de 24 horas. Ao quinto (primeira contagem) e décimo dia (contagem final) após início do teste foram realizadas avaliações de vigor e germinação, respectivamente, e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Considerou-se como plântulas normais aquelas que apresentaram comprimento de raiz e parte aérea igual ou superior ao comprimento da semente.

A massa de mil sementes foi obtida por meio da pesagem em balança de precisão (0,0001 g) de oito subamostras (repetições) de 100 sementes e o resultado foi expresso em gramas.

O grau de umidade dos sublotos de sementes foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas com circulação forçada de ar, utilizando-se duas repetições para cada sublote.

Com a finalidade de avaliar o comprimento de raiz e parte aérea foram semeadas 20 sementes por rolo, em duas linhas desencontradas no terço superior do papel. Os rolos contendo as sementes permaneceram em câmara de germinação por cinco dias à temperatura de 20°C , quando então, o comprimento total das plântulas normais, o comprimento da radícula e o comprimento de parte aérea foram medidos com o auxílio de uma régua milimétrica em dez plântulas normais coletadas aleatoriamente. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando as medidas de cada repetição e dividindo pelo número de plântulas normais mensuradas, com resultados expressos em centímetros.

As mesmas dez plântulas por repetição mensuradas foram também pesadas para determinação da massa seca total. Após a mensuração as plântulas foram mantidas em sacos de papel, em estufa a $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até a obtenção de massa constante (48h). Em seguida, as repetições foram pesadas em balança de precisão 0,001g, e a massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula (mg plântula^{-1}).

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado pelo método gerbox, no qual 40 mL de água destilada foram postas por gerbox, e essa foi em seguida inserida em estufa à temperatura de 42°C por período de 48h. Decorrido esse processo foi realizado o teste de primeira contagem em oito repetições de 50 sementes, utilizando a mesma metodologia descrita anteriormente.

A emergência das plântulas a campo foi realizada em canteiros na área experimental do Departamento de Fitotecnia. A semeadura foi em linhas com 50 sementes cada e oito repetições. As plântulas emergidas foram quantificadas diariamente até a estabilização numérica da emergência, a fim de obter o índice velocidade de emergência (IVE) e a emergência (EM).

Em oito repetições de 50 sementes foi avaliada a condutividade elétrica, que consiste em embeber uma massa conhecida de sementes em 75 mL de água destilada, mantê-la por 24 horas a 25°C e realizar a leitura da condutividade elétrica das sementes por meio da imersão em solução. Assim como na maioria dos testes o teste de frio sem solo foi realizado em oito repetições de 50 sementes, as quais foram semeadas em papel filtro, organizados na forma de rolos, acondicionados em sacos plásticos e colocados previamente em câmara regulada à temperatura de 10°C, onde permaneceram por cinco dias, sendo após colocados em germinador tipo BOD regulado a 20°C. As avaliações foram realizadas após cinco dias e o resultado foi expresso em percentagem de plântulas normais, conforme recomendação de Brasil (2009).

Por meio destes testes de caracterização inicial os sublotos de sementes obtidos após estratificação em níveis de vigor foram definidos como de baixo vigor ou alto vigor.

Experimento I. Qualidade fisiológica de sementes no estabelecimento de plântulas submetidas a distintos tratamentos com cobre em condições controladas

Sublotos de aveia preta não envelhecido e envelhecido, provenientes do processo de estratificação em níveis de vigor, e diferentes concentrações de cobre (0, 25, 50, 100, 200 µM) na forma de CuSO₄ (sulfato de cobre) diluído em água pura destilada compuseram os tratamentos em bifatorial (concentrações de cobre versus níveis de vigor) avaliados neste experimento.

O experimento foi conduzido através da avaliação de oito repetições de 50 sementes por sublote, as quais foram semeadas em papel filtro (germitest) umedecido a 2,5 vezes o peso do papel seco com a solução de água e CuSO₄. Os tratamentos (concentrações de cobre versus níveis de vigor) foram mantidos em germinador do tipo BOD regulado a 20 °C com fotoperíodo de 24 horas.

Aos cinco dias foram realizadas a primeira contagem do teste de germinação e ao 10º dia a segunda contagem classificando conforme o tipo de plântula originada: plântula normal, anormal, morta e dura.

Nestas oito repetições de 50 sementes por sublote os parâmetros fisiológicos também foram avaliados, o comprimento de raiz e parte aérea foi determinado com auxílio de régua milimétrica e a massa seca de plântulas foi determinada inserindo as amostras em estufa a $60\pm 5^\circ\text{C}$ até a obtenção de massa constante (48h) e pesando-as em balança de precisão 0,001g, conforme metodologia descrita por Nakagawa (1999).

Experimento II. Qualidade fisiológica de sementes no crescimento inicial de plântulas de aveia preta submetidas a distintos tratamentos com cobre em sistema hidropônico

Os sublotos de aveia preta não envelhecido e envelhecido foram semeados em caixas plásticas transparentes contendo 15 folhas de papel filtro (germitest), as quais foram inicialmente umedecidas com água destilada o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador do tipo BOD regulado a 20°C e fotoperíodo de 24 horas. Ao fim de oito dias, 20 plântulas por repetição por tratamento, classificadas como normais, foram transferidas para sistema hidropônico constituído por bandejas plásticas (17 L) recobertas por placas de isopor contendo orifícios onde foram inseridas malhas de nylon que atuaram como suporte físico para as plântulas (Figura 1).

As raízes das plântulas foram submersas em solução nutritiva aerada completa de baixa força iônica cuja composição (mg L^{-1}) foi: 85,31 de N; 7,54 de P; 11,54 de S; 97,64 de Ca; 23,68 de Mg; 104,75 de K; 176,76 de Cl; 0,27 de B; 0,05 de Mo; 0,01 de Ni; 0,13 de Zn; 0,03 de Cu; 0,11 de Mn e 2,68 de Fe. As plantas foram mantidas nesta condição por 16 dias, sendo substituída a solução nutritiva a cada 7 dias, mesmo momento em que o pH da solução foi ajustado para $5,0 \pm 0,1$, utilizando uma solução de HCl ou NaOH (1 M). Após o período acima

descriminado, foi realizada a substituição da solução nutritiva acrescentando-se a esta as concentrações de cobre (0, 25, 50, 100, 200 μM de Cu) que configuraram os tratamentos.

As plantas foram mantidas neste ambiente por 8 dias, ao final dos quais foram avaliados parâmetros de crescimento em 10 plântulas por repetição por tratamento, assim, com auxílio de régua milimétrica se mensurou os comprimentos de raiz e parte aérea e posteriormente foi determinada a massa seca destes órgãos, inserindo-os separadamente em sacos de papel e em estufa a $60\pm 5^\circ\text{C}$ até a obtenção de massa constante (48h), a partir da qual essa massa foi pesada em balança de precisão 0,001g. O delineamento experimental adotado neste experimento foi o delineamento inteiramente casualizado com parcelas sub subdivididas, espaço e tempo, com três repetições para a concentração de cobre e 15 repetições para o nível de vigor.

Análise estatística

O delineamento experimental adotado para os experimentos foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial (5x2) com cinco concentrações de cobre e dois níveis de vigor. Excetuando-se os resultados da determinação de peso de mil sementes e grau de umidade, os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o software R. Foi utilizada análise de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para o fator qualitativo e análise de regressão para o fator quantitativo. A fim de atender as pressuposições do modelo matemático quando necessário foi utilizada a metodologia Box Cox para a transformação adequada dos dados.

Resultados e discussão

Caracterização inicial dos sublotos de sementes após estratificação em níveis de vigor

O metabolismo da semente é influenciado por sua umidade, assim é desejável que os sublotos sejam uniformes tanto em umidade como em massa de mil sementes afim de que estes dados não impactem os resultados dos testes de caracterização inicial, no que se refere a qualidade fisiológica da semente. Após a estratificação do lote em dois níveis de vigor realizou-

se a determinação da umidade, que como observado na Tabela 2 se enquadraram na amplitude máxima aceita que varia de 3 a 4 pontos percentuais (Marcos Filho, 1999).

Como pode ser observado (Tabela 3.) os sublotos de sementes apresentaram germinação (G) acima do mínimo recomendado para comercialização de sementes fiscalizadas que é de 80% (Rio Grande do Sul, 2000) e não foram significativamente diferentes um do outro, da mesma forma a massa seca de plântulas (MS) não diferiu significativamente. Em contrapartida, os testes de primeira contagem (PC), frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica massal (CEM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT) foram mais sensíveis e mostraram diferença significativa entre os sublotos, apresentando em todas estas avaliações valores inferiores para o sublote envelhecido.

A técnica de envelhecimento acelerado, aplicada para obtenção do sublote envelhecido, simula a deterioração que ocorre na semente durante seu armazenamento e utiliza os principais fatores que corroboram para esse resultado, a temperatura e a umidade. Imediatamente após a maturidade fisiológica, uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas têm início e evoluem em ritmo progressivo ocasionando a queda do potencial de desempenho da semente (germinação e vigor) a levando pôr fim a morte. Os testes de vigor são baseados nestas alterações que quanto mais próxima da maturidade fisiológica mais sensível deverá ser o teste para detectar alterações na qualidade fisiológica da semente (Maia et al., 2007; Marcos Filho, 2015). Desta forma, foram realizados diversos testes que possibilitaram uma melhor definição do vigor dos sublotos (Tabela 3.).

Com grande frequência os resultados de emergência de plântulas a campo não correspondem ao potencial de germinação indicado nos lotes de sementes comercializados. O desempenho do lote é avaliado tendo como ferramenta o teste padrão de germinação em laboratório, sob condições adequadas de temperatura, umidade e fotoperíodo. Deste modo, a realização de testes complementares, como por exemplo o teste de emergência de plântulas em

campo, um método direto de avaliação do desempenho das plântulas por meio de sua exposição a condições ambientais naturais, permitem uma melhor avaliação do potencial fisiológico da semente (Scheeren et al., 2010). Neste trabalho foi possível diferenciar os sublotes de sementes por sua qualidade através dos resultados de emergência das plântulas a campo (Tabela 4.), observando-se uma menor emergência (EM) para o sublote envelhecido. Da mesma forma, este sublote apresentou número médio de plântulas normais que emergiram por dia (IVE), inferior ao sublote não envelhecido.

Os resultados coletados nos testes de caracterização realizados em condições controladas e condições ambientais permitiram denominar o sublote envelhecido como de baixo vigor (BV) e o sublote não envelhecido como de alto vigor (AV) dado sua superioridade em todos os testes, especialmente o de primeira contagem com mais de 80% de plântulas normais (Tabela 3.) e o de emergência a campo com mais de 95% de plântulas emergidas (Tabela 4.).

Qualidade fisiológica de sementes no estabelecimento de plântulas submetidas a distintos tratamentos com cobre em condições controladas

Neste experimento os fatores em estudo atuaram independentemente sobre as variáveis germinação, primeira contagem e número de plântulas mortas, ou seja a interação entre os fatores não foi significativa. Analisados os efeitos simples dos fatores não foram observadas diferença significativa ($p > 0,05$) entre as concentrações de Cu, entretanto o vigor influenciou significativamente ($p < 0,05$) o comportamento das variáveis. A porcentagem de plântulas normais obtidas tanto na germinação como na primeira contagem foi superior no sublote de alto vigor (Figura 1A), o que reflete em maior capacidade de estabelecimento e em um estande adequado de plantas.

A técnica de envelhecer artificialmente um lote de sementes acelera o processo de deterioração, o que neste estudo ocasionou uma redução na germinação e no número de plântulas normais obtidas durante a primeira contagem. Esse processo também resultou em

perda de viabilidade da semente, ocasionada pela dificuldade de replicação do DNA celular e pela incapacidade destas sementes repararem as lesões decorrente da intensidade e velocidade com que ocorreu o processo de envelhecimento acelerado (Figura 1B). Resultados semelhantes foram observados em soja, feijão, cevada e aveia (McDonald et al., 1993; Binotti et al., 2008; Tunes et al. 2009; Tunes et al. 2011). Maia et al. (2007) em estudo avaliando a qualidade fisiológica de um lote de sementes de trigo concluíram que a submissão ao envelhecimento acelerado ocasiona atraso no processo germinativo, menor crescimento do embrião e aumento de susceptibilidade a estresses ambientais, levando eventualmente a perda de viabilidade.

Considerando os resultados obtidos na primeira contagem fica evidente a diferença entre o subote de alto e o de baixo vigor, com uma redução de 53.65 pontos percentuais. Essa diferença entre os subotes também foi observada na variável germinação que mesmo sendo inferior no subote de baixo vigor ainda se manteve acima do limite exigido para comercialização. Resultados semelhantes aos observados nestas variáveis foram encontrados por Abu-Shakra e Ching (1967) em sementes de soja armazenadas por longo período ou expostas a condições desfavoráveis de ambiente. Marcos Filho (2015) definiu essa redução como consequência da queda da taxa respiratória, indicando que o número e/ou a eficiência dos mitocôndrios em plantas originadas de sementes deterioradas é inferior ao presente em sementes vigorosas. Isso também explica a maior percentagem de plântulas mortas no subote de menor vigor.

Por outro lado, as concentrações de cobre em estudo não diferiram significativamente entre si e dentro dos níveis de vigor nestas avaliações ($p > 0,05$), podendo se assumir que independente do vigor do subote de semente as concentrações de Cu utilizadas foram insuficientes para ocasionar danos ao processo germinativo e as estruturas essenciais ao desenvolvimento da nova plântula sendo o impacto do cobre sobre os processos iniciais de formação da plântula irrisório. Estudando concentrações de cobre superiores as utilizadas neste

ensaio (1000 μM e 2000 μM de Cu) Ahsan et al. (2007) observaram redução significativa na taxa de germinação de lote de sementes de arroz. Nesta mesma cultura, Ye et al. (2014) observaram que após 20 horas de embebição, concentrações de 10 μM e 100 μM de Cu inibiram parcial e totalmente a germinação das sementes, os autores relatam que a retirada das cariopses da semente permitiram um maior contato das estruturas com a solução, deixando-a mais exposta ao efeito do cobre.

Na avaliação dos parâmetros de crescimento, comprimento de parte aérea, raiz e total a interação entre os fatores em estudo foi significativa ($p < 0,05$), logo o comportamento observado foi diferente para os níveis de vigor nas concentrações de Cu aplicadas (Figura 2.). Não foi possível ajustar equações de regressão, que representassem corretamente o comportamento de plântulas nas variáveis comprimento de parte aérea e massa seca de plântula. Para as variáveis comprimento de raiz e total foram ajustadas equações lineares de primeiro grau para o subote de alto vigor e de segundo grau para o subote de baixo vigor.

Para as variáveis avaliadas comprimento de raiz e comprimento total os valores observados para plântulas oriundas do subote de alto vigor foi superior ao observado para as oriundas do subote de baixo vigor em qualquer concentração de Cu estudada (Figura 2.). O subote de alto vigor submetido a uma concentração de 240 μM Cu apresentou uma redução de 58 pontos percentuais em comprimento de raiz quando comparado a concentração 0 μM Cu, enquanto o subote de baixo vigor apresentou uma redução de 5 pontos percentuais.

Em relação ao comprimento total da plântula, o subote de sementes de alto vigor sob ausência de Cu (0 μM) originou plântulas com altura de 12.8 cm, enquanto o subote de baixo vigor originou nesta mesma concentração plântulas de 7.03 cm de altura, por outro lado na concentração de 240 μM , os comprimentos obtidos foram inferiores, 6.64 e 5.92 cm respectivamente para alto e baixo vigor (Figura 2.). Ahsan et al. (2007) observaram que concentrações de 200 μM e 250 μM de Cu ocasionaram a inibição do crescimento de parte

aérea e a inibição do crescimento radicular de plântulas de arroz, respectivamente, os autores ainda observaram que concentrações de 500 μM de Cu inibiram a formação de raízes.

Para massa seca de plântula, não foi observada interação significativa entre os fatores ($p>0,05$), apenas diferindo em níveis de vigor, no qual houve maior acúmulo de massa seca em plântulas provenientes de semente de baixo vigor (Figura 2.). Após iniciado o processo de deterioração, que é contínuo, a semente se torna mais sensível a variações nas condições ambientais o que pode resultar em maior velocidade de deterioração da semente, podendo se obter a cada novo teste um resultado diferente do anterior (Marcos Filho, 2015).

As plântulas oriundas do sublote de baixo vigor (envelhecido artificialmente) necessitam de mais tempo para estabelecer-se e apresentam menor crescimento do que as originadas de sementes de alto vigor. As concentrações de cobre utilizadas não influenciaram o estabelecimento inicial das plântulas mas afetaram seu crescimento em parte aérea, raiz e conseqüentemente crescimento total.

Influência da qualidade fisiológica sobre o crescimento e desenvolvimento inicial de plântulas de aveia preta submetidas a distintos tratamentos com cobre em sistema hidropônico

É documentado na literatura, que o excesso de Cu pode induzir a diminuição do crescimento e o estresse oxidativo nos tecidos das plantas de distintas espécies, da mesma forma o vigor dos lotes de sementes pode influenciar o estabelecimento e o crescimento inicial das plantas. Neste experimento buscou-se observar a ocorrência de interação entre os fatores estudados sobre as características de crescimento das plantas, no entanto, tanto vigor como a concentração de Cu aplicada atuaram separadamente sobre essas características uma vez que a interação não foi significativa ($p>0,05$). Assim apresentam-se os resultados do efeito individual de cada fator.

O aumento das concentrações de cobre em sistema hidropônico ocasionou a redução dos comprimentos e da massa seca de raiz, parte aérea e total (Figura 3). Excetuando-se o

comprimento de raiz que melhor se ajustou a uma regressão linear de segundo grau (Figura 3), os demais ajustaram-se a regressões não-lineares, seguindo a frequência de distribuição de Weibull, amplamente utilizada em trabalhos que avaliam fitotoxidez em parâmetros biológicos (Taylor et al., 1990). A característica deste modelo é que existem dois pontos de inflexão, um ponto máximo no qual o máximo comprimento de parte aérea é obtido, por exemplo, e a partir do qual há um declínio, e um ponto mínimo no qual ocorre a estabilização deste declínio e a partir do qual o aumento das concentrações de cobre não irá refletir em redução do comprimento, mantendo-se estável.

A influência do Cu na redução do crescimento de parte aérea, raiz e total da planta é frequentemente relatada na literatura, sendo descrita para diversas espécies e concentrações desse elemento (Ahsan et al., 2007; Lequeux et al., 2010; Saberi et al., 2011; Nenova e Bongoeva, 2014; Pena et al., 2015). Em complemento a estes trabalhos alguns autores analisaram também o reflexo das concentrações de Cu na massa seca de parte aérea, raiz e planta (Gang et al., 2013).

O impacto dos níveis de vigor, alto e baixo, sobre o comprimento e a massa seca das plantas, apesar de não significativo para raiz ($p > 0,05$), foi significativo, para comprimento e massa seca de parte aérea e total ($p < 0,05$) (Tabela 5.). Independentemente do parâmetro avaliado, plantas oriundas do subote de baixo vigor apresentaram resultados mais expressivos do que plantas oriundas do subote de alto vigor. Contrastando isto, Souza et al. (2009), estudando o envelhecimento acelerado em cinco lotes de sementes de aveia preta, observou em sua caracterização inicial que os lotes considerados de alto vigor apresentaram os maiores valores para germinação, emergência, comprimento de parte aérea e raiz. Da mesma forma, Dode et al. (2016), utilizando semelhante metodologia a aplicada neste trabalho para obtenção de subotes em trigo observou menor crescimento de parte aérea, raiz e massa seca em subotes de baixo vigor.

Por outro lado, Binotti et al. (2008) analisando o crescimento do hipocótilo e da raiz de feijão sob diferentes tempos de envelhecimento acelerado observaram que lotes de sementes de baixo vigor apresentaram crescimento superior aos de alto vigor (não envelhecidos), o que segundo estes autores pode relacionar-se a ativação de enzimas que influenciam nas atividades metabólicas e promovem o crescimento. Neste estudo duas hipóteses podem ser discutidas a fim de justificar os motivos que conduziram a obtenção de valores superiores de crescimento em plantas originadas do sublote de baixo vigor.

Uma destas hipóteses diz respeito a capacidade das sementes que compõem o sublote de baixo vigor restabelecerem sua integridade celular durante a embebição a ponto de crescerem e se desenvolverem igualando-se e sendo superior ao sublote de alto vigor. Outra hipótese aborda a capacidade de memorização da planta, que tem sido frequentemente discutida por alguns autores (Li et al., 2013; Wang et al., 2016), na qual a submissão da planta no seu desenvolvimento inicial a uma condição de estresse permite que ela seja capaz de crescer e desenvolver-se caso seja novamente submetida a essa ou outra condição de estresse, podendo ser neste caso inclusive superior a uma planta que não foi submetida ao mesmo processo. Um exemplo clássico disto é a aclimação (rustificação) em espécies florestais, que consiste de submeter as mudas a um menor número de irrigações e/ou menor quantia de água aplicada em cada irrigação, resultando em um aumento da capacidade de estabelecimento das mudas a campo, sob condições adversas (Davide e Faria, 2008).

Cabe ressaltar que neste estudo após obter-se o sublote de baixo vigor pelo processo de envelhecimento acelerado, ambos os sublotes passaram por outra condição de estresse, o transplante à casa de vegetação, na qual as plântulas foram inseridas em sistema hidropônico. Assim, tendo em vista que as plântulas originadas do processo de envelhecimento acelerado já haviam sido submetidas a uma condição adversa, estas se encontravam mais aptas a suportar

essa segunda dificuldade, resultando isso nos maiores valores obtidos em comprimento e massa seca.

A aveia preta têm sido relatada na literatura como uma espécie com potencial para utilização em solos contaminados por cobre. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que sublotos de alto e baixo vigor possuem capacidade de se estabelecerem nestes solos, mesmo em casos em que haja comprometimento do crescimento das plantas. O estudo permitiu aferir que plântulas originadas de sublotos de baixo vigor possuem capacidade de superarem em crescimento as de alto vigor, por ocasião de um estresse inicial e do processo de aclimação ou estresse subsequente e que plântulas oriundas de lotes de sementes de alto e baixo vigor podem ser cultivadas em solos contaminados por cobre.

Conclusões

As concentrações de 0 a 240 μM de Cu não afetam a capacidade de estabelecimento de plântulas, entretanto, características inerentes à própria semente a afetam, sendo que sublotos mais vigorosos (não envelhecidos) apresentam melhor e mais rápido estabelecimento.

A aveia preta se estabelece e apresenta um bom desenvolvimento em condições que simulam solos contaminados por até 60 μM de Cu.

Concentrações de cobre acima de 60 μM de Cu são prejudiciais ao crescimento inicial de plantas de aveia preta, ocasionando reduções em comprimento e massa seca.

Plântulas provenientes de sublotos de alto vigor apresentam crescimento superior as provenientes do sublote de baixo vigor, se submetidas a aclimação, a memorização do estresse permite que esta condição se iguale ou seja invertida.

Referências Bibliográficas

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. *Estatísticas*. Brasília. 2015. Disponível em: < <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/#>>. Acesso em: 02 jan. 2017.
- ABU-SHAKRA, S.S. & CHING, T.M. Mitochondrial activity in germinating new and old soybean seeds. *Crop Science*, v.7, p.115-118, 1967.
- AHSAN, D. et al. Excess copper induced physiological and proteomic changes in germinating rice seeds. *Chemosphere*, v. 67, n.6, p.1182–1193, 2007.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653506013981>
- ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M.A. Phytoremediation of heavy metals - Concepts and applications. *Chemosphere*, v.91, n.7, p.869–881, 2013.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513001914>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. *Seed vigours testing handbook*. East Lansing, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 395 p.
- BINOTTI, F. F. DA S.; HAGA, K. I; CARDOSO E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. DE; ARF, O. efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.30, n.2, p.247-254, 2008. <http://www.redalyc.org/pdf/3030/303026578014.pdf>
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Ed.) *Produção de sementes e mudas de espécies florestais*. Lavras: UFLA, 2008. p. 83-122.
- DODE, J.; ALMEIDA, A. DA S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A.; MORAES, D. M. DE. Atividade respiratória em sementes de trigo correlacionada com a qualidade fisiológica. *Bioscience Journal*, v.32, n.5, p.1246-1253, 2016.
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/33001>
- GANG, A.; VYAS, A.; VYAS, H. Toxic effect of heavy metals on germination and seedling growth of wheat. *Journal of Environmental Research and Development*, v.8, n.2, p.206–213, 2013. <https://www.jerad.org/ppapers/download.php?v1=8&is=2&st=206>
- HOLBIG, L. DOS S.; HARTER, F. S.; GALINA, S.; DEUNER, C.; VILLELA, F. A. Diferenças na qualidade física e fisiológica de sementes de aveia preta e azevém comercializadas em duas regiões do Rio Grande do Sul. *Revista da FZVA*. Uruguaiana, v.18, n.2, p.70-80. 2011.
<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/8987/7369>
- KABATA-PENDIAS, A. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Boca Ratón, Florida.2011.

KAVAMURA, V.N.; ESPOSITO, E. Biotechnological strategies applied to the decontamination of soils polluted with heavy metals. *Biotechnology Advances*, v.28, n.1, p.61-69, 2010. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975009001530>

LEQUEUX, H.; HERMANSA, C.; LUTTSB, S.; VERBRUGGENA, N. Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile, *Plant Physiology and Biochemistry*, v.48, n.8, p.673-682, 2010. [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0981-9428\(10\)00117-8](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0981-9428(10)00117-8)

LI, X.; JIANG, H.; LIU, F.; CAI, J.; DAI, T.; CAO W.; JIANG, D. Induction of chilling tolerance in wheat during germination by pre soaking seed with nitric oxide and gibberellin. *Plant Growth Regulation*, v.71, n.1, p.31-40, 2013. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10725-013-9805-8>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-77, 1962. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176>

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. de O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.3, p.678-684, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000300012>.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MCDONALD, M.B.; GUPTA, I.J.; SCHMITTHENNER, A.F. Effect of storage fungi on seed vigour of soybean. *Seed Science and Technology*, v.21, n.3, p.581-591, 1993.

MUCCIFORA, S.; BELLANI, L. M. Effects of copper on germination and reserve mobilization in *Vicia sativa* L. seeds. *Environmental Pollution*, v.179, p.68-74, 2013. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749113001942>

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Efeitos da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de aveia-preta. *Científica*, v.23, n.1, p.31-43, 1995.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2-21.

NENOVA, V.; BOGOEVA, I. Separate and combined effects of excess copper and Fusarium culmorum infection on growth and antioxidative enzymes in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *Journal of Plant Interactions*, v.9, n.1, p.259-266, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2013.820359>

- NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F.; NACHTIGALL, G. R.; MELO, G. W. DE. Sequential extraction and availability of copper in Cu fungicide-amended vineyard soils from Southern Brazil. *Journal of Hazardous Materials*, v. 181, n. 1-3, p. 931-937, 2010. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389410007004>
- OHLSON, O. DE C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, n.4, p.118 - 124, 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000400013
- OLIVEIRA, A. B. DE; FILHO, E. G. Cultivo hidropônico de plântulas de sorgo sob estresse salino com sementes envelhecidas artificialmente e osmocondicionadas. *Ciência Rural*, v.41, n.1, p.10-16, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782011000100003&script=sci_abstract&tlng=pt
- PENA, L. B. et al. Early response of wheat seminal roots growing under copper excess. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.87, p.115-123, 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942814003957>
- PUIG, S. et al. Copper and iron homeostasis in Arabidopsis: responses to metal deficiencies, interactions and biotechnological applications. *Plant, Cell and Environment*, v.30, n.3, p.271-290, 2007. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2007.01642.x/full>
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Departamento da Produção Vegetal. Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Estado do Rio Grande do Sul (P. Alegre, RS). *Normas e padrões de produção de sementes para o Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. 4 ed., 2000, 160 p.
- SABERI, M.; SHAHRIARI, A.; TARNIAN, F. Investigation the effects of cadmium chloride and copper sulfate on germination and seedling growth of *Agropyron elongatum*. *Modern Applied Science*, v.5, n.5, p.232-243, 2011. <http://ccsnet.org/journal/index.php/mas/article/view/12499>
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.3, p.35-41, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a04.pdf>.
- SEGANFREDO, M. A. Uso de dejetos de suínos como fertilizantes e seus riscos ambientais. In: SEGANFREDO, M. A. (Ed.). *Gestão Ambiental na Suinocultura*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 151-175.
- SILVA, J. A. N. DA; SOUZA, C. M. A. DE; SILVA, C. J. DA; BOTTEGA, S. P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.6, p.769-775, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2012000600006
- SILVA, R. C. DA.; GRZYBOWSKI, C. R. DE S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. *Revista*

Ciência Agronômica, v.47, n.3, p.491-499, 2016. <http://www.scielo.br/pdf/rca/v47n3/1806-6690-rca-47-03-0491.pdf>

SOUZA, S. A. DE; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de aveia preta. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.2, p.155-163, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a18.pdf>

TAYLOR, G. J.; STADT, K. J.; DALE, M. R. T. Modelling the phytotoxicity of aluminum, cadmium, copper, manganese, nickel, and zinc using the Weibull frequency distribution. *Canadian Journal of Botany*, v.69, n.2, p.359-367, 1991. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b91-049#.WJdw5BsrKM8>

TUNES, L. M., BADINELLI, P. G.; OLIVO, F.; BARROS, A. C. S. A. Teste de envelhecimento acelerado em cevada. *Magistra*, v.21, n.2, p.111-119, 2009.

TUNES, L. M. DE; PEDROSO, D. C.; BADINELLI, P. G.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. DE A.; BARROS, A. C. S. A. MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina e saturada. *Ciência Rural*, v.41, n.1, p.33-37, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000100006

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.

WANG, X.; HUANG, M.; ZHOU, Q.; CAI, J.; DAI, T.; CAO, W.; JIANG, D. Physiological and proteomic mechanisms of waterlogging priming improves tolerance to waterlogging stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, v.132, p.175-182, 2016. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847216301903>

YE, N.; LI, H.; ZHU, G.; LIU, Y.; LIU, R.; XU, W.; JING, Y.; PENG, X.; ZHANG, J. Copper suppresses abscisic acid catabolism and catalase activity, and inhibits seed germination of rice. *Plant and Cell Physiology*, v.55, n.11, p.2008-2016, 2014. <https://academic.oup.com/pcp/article-lookup/doi/10.1093/pcp/pcu136>

YRUELA I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.17, n.1, p.145-156, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202005000100012

YRUELA, I. Copper in plants: Acquisition, transport and interactions. *Functional Plant Biology*, v.36, n.5, p.409-130, 2009. <http://www.publish.csiro.au/fp/FP08288>

ZANCHETA, A. C. F.; ABREU, C. A. DE; ZAMBROSI, F. C. B.; ERISMANN, N. DE M.; LAGÔA, A. M. M. A. Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. *Bragantia*, v.70, n.4, p.737-744, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052011000400002&script=sci_abstract

Tabela 1 - Teor de umidade no sublote envelhecido após aplicação da metodologia de envelhecimento acelerado. Média da porcentagem de umidade.

Sublote	Umidade (%)
Envelhecido	28,9

Tabela 2 - Caracterização inicial de dois sublotos de sementes de aveia preta comum. Médias da porcentagem de umidade e massa de mil sementes.

Sublote	Umidade (%)	Massa de mil sementes (g)
Não envelhecido	11,6	24,0
Envelhecido	9,9	23,5

Tabela 3 - Caracterização inicial de dois sublotos de sementes de aveia preta comum em condições controladas. Médias da porcentagem de germinação (G), primeira contagem (PC), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica massal (CEM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT) e massa seca de plântula (MS).

Lote	G	PC	TF	EA	CEM	CPA	CR	CT	MS
	-----%-----				$\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$	-----cm-----			g.plântula^{-1}
Não envelhecido	98 ^{ns}	85 a ¹	93 a	88 a	29,10 a	2,34 a	6,71 a	9,05 a	0,020 ^{ns}
Envelhecido	95	72 b	88 b	26 b	26,26 b	1,97 b	5,71 b	7,67 b	0,021
CV(%)	2,91	11,13	4,79	10,0	6,41	10,56	10,78	8,89	10,05

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade do erro..^{ns} Não significativo.

Tabela 4 - Caracterização inicial de dois sublotos de sementes de aveia preta comum em condições ambientais naturais. Médias do índice de velocidade de emergência em solo (IVE), da porcentagem de plântulas emergidas (EM), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT) e massa seca de plântula (MS).

Lotes	IVE	EM	CPA	CR	CT	MS
		%	-----cm-----			g.plântula^{-1}
Não envelhecido	7,82a ¹	97,7a	6,44 ^{ns}	5,21 ^{ns}	11,66a	0,018 ^{ns}
Envelhecido	6,24b	92,3b	5,99	4,99	10,69b	0,018
CV(%)	3,03	6,6	6,99	14,39	6,77	13,34

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade do erro. ²Sementes não envelhecidas. ³Sementes envelhecidas.^{ns} Não significativo.

Tabela 5 - Comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, comprimento total e massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total de plântulas provenientes de sementes de alto e baixo vigor cultivadas em sistema hidropônico.

Comprimento (cm)			
Vigor	Parte aérea (cm)	Raiz (cm)	Total (cm)
Alto	29,01±4,34 b ¹	10,42±1,79 ^{ns}	39,43±5,29 b
Baixo	32,50±4,61 a	11,17±2,09	43,66±5,69 a

Massa seca (gramas)			
Vigor	Parte aérea (cm)	Raiz (cm)	Total (cm)
Alto	0,69±0,17 b	0,13±0,04 ^{ns}	0,82±0,20 b
Baixo	0,82±0,21 a	0,13±0,04	0,95±0,24 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade do erro. ^{ns} Não significativo.

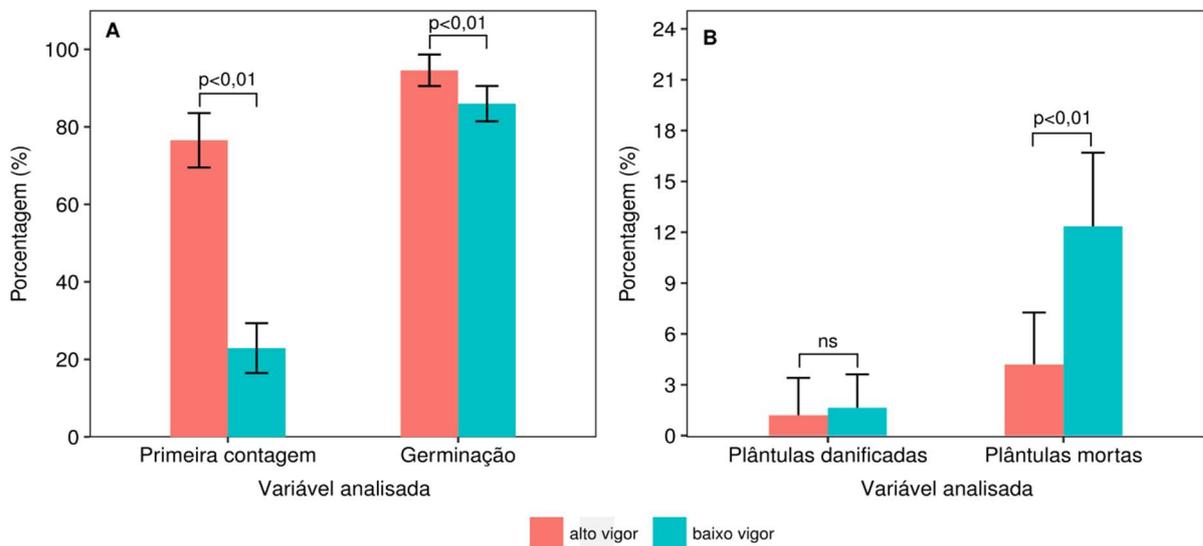


Figura 1 - Efeito dos níveis de vigor sobre a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem e na germinação (A), e porcentagem de plântulas danificadas e plântulas mortas (B) cultivadas em germinador tipo BOD. As médias diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade do erro. As barras representam o desvio padrão.

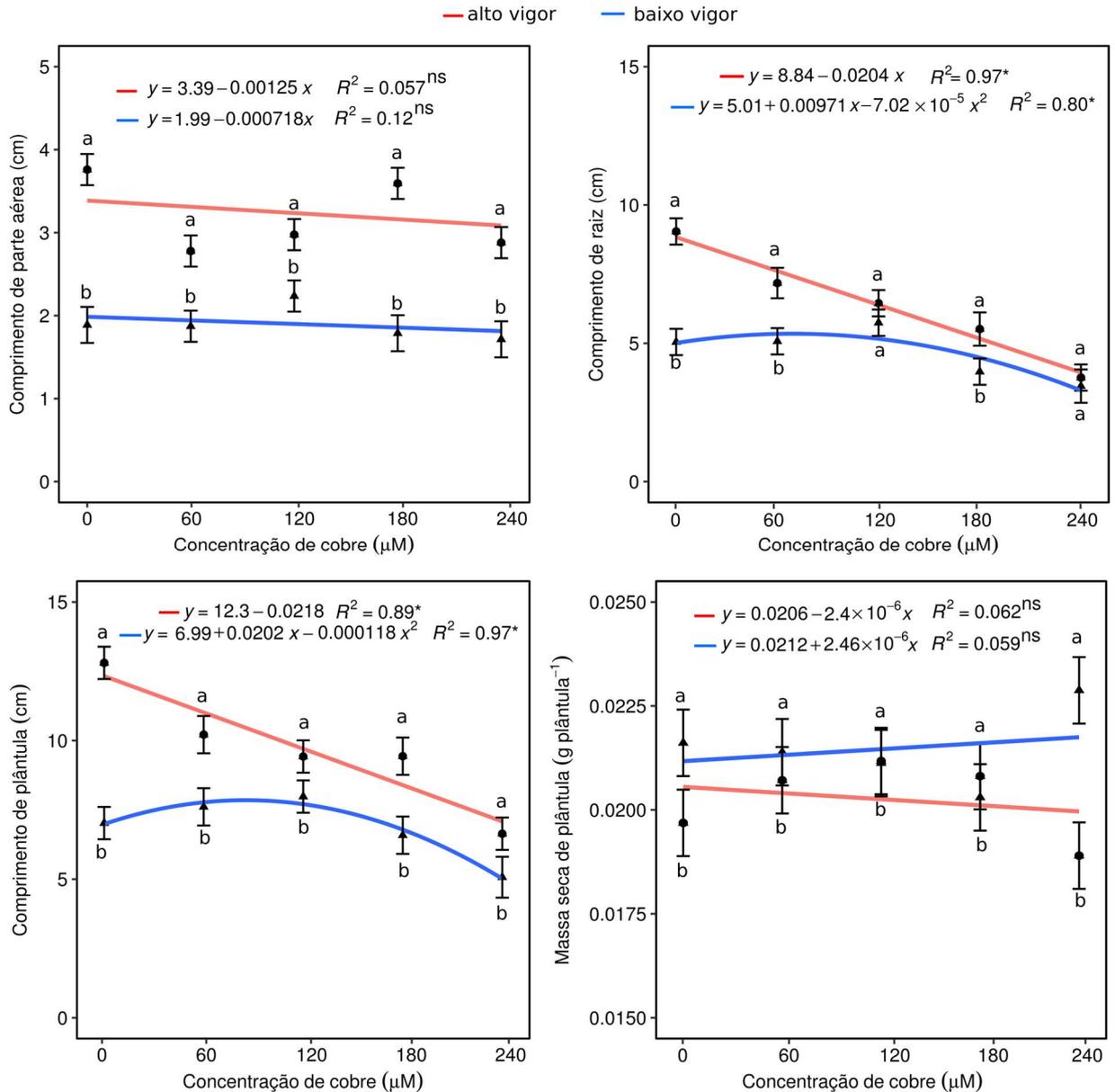


Figura 2 - Efeito da concentração de cobre e dos níveis de vigor sobre o comprimento de parte aérea (A), comprimento de raiz (B), comprimento total (C) e massa seca de plântulas(D) cultivadas em germinador tipo BOD. Os resultados são expressos em centímetros (cm) e gramas por plântula ($g.plântula^{-1}$). Letras minúsculas diferentes nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, $p < 0,05$, no nível de vigor em cada concentração de cobre. As barras expressam o desvio padrão.

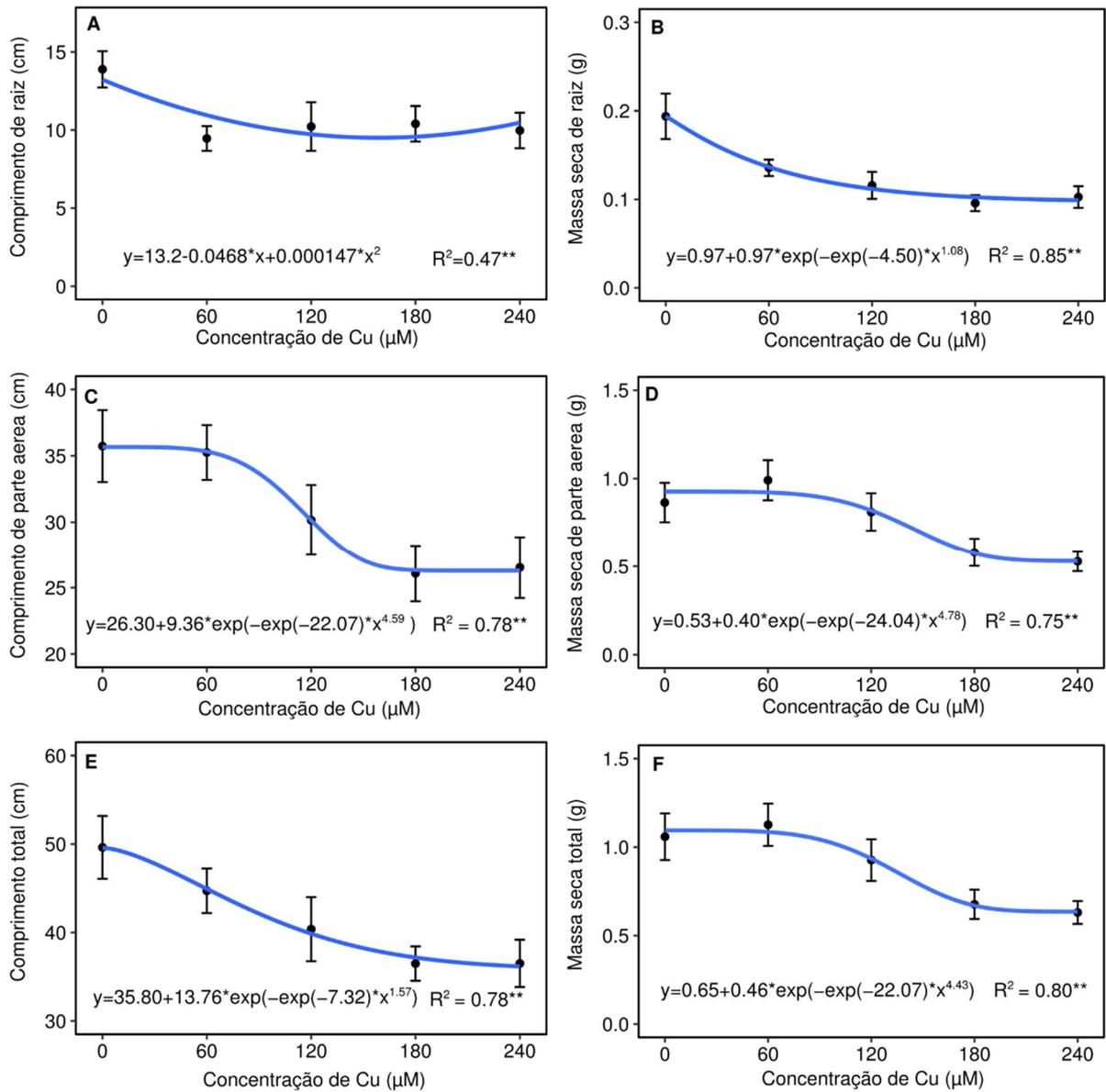


Figura 3 - Efeito da concentração de cobre sobre o comprimento de raiz (A) comprimento de parte aérea (C), comprimento total (E) e massa seca de raiz (B), massa seca de parte aérea (D) e massa seca total (F) de plântulas cultivadas em sistema hidropônico. Os resultados são expressos em centímetros (cm) e gramas por plântula (g.plântula^{-1}), as barras expressam o desvio padrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Muda. **Estatísticas**. Brasília. 2015. Disponível em: < <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/#>>. Acesso em: 02 jan. 2017.
- ABREU, C. A., et al. Total and available copper in some soil profile samples from the state of São Paulo. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 1-2, p.149-160, 2012.
- AHSAN, N. et al. Excess copper induced physiological and proteomic changes in germinating rice seeds. **Chemosphere**, v. 67, n. 6, p. 1182–1193, 2007.
- BARILLI, J. **Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2005.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
- BERTOLETE L. E. M. **Sobressemeadura de forrageiras de clima temperado em pastagens tropicais**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, 2009.
- BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, n. 2, p.179-194, 2003.
- CAMBROLLÉ, J. et al. Effects of copper sulfate on growth and physiological responses of *Limoniastrum monopetalum*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 12, p. 8839-8847, 2013.
- CAMBROLLÉ, J. et al. Growth and photosynthetic responses to copper in wild grapevine. **Chemosphere**, v. 93, n. 2, p. 294–301, 2014.
- CERETTA, C. A. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.
- CHAVES, L. H. G. et al. Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-mansão. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 167-176, 2010.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.
- GANG, A.; VYAS, A.; VYAS, H. Toxic effect of heavy metals on germination and seedling growth of wheat. **Journal of Environmental Research and Development**, v. 8, n. 2 p. 206–213, 2013.

GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource Technology**, v. 77, n. 3, p. 229-236, 2001.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Dados divulgados na quinta-feira, 9 de março de 2017. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acessado em jan. 2017.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4. ed. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2011. 561 p.

KRAMER, U. et al. Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi species*. **Plant Physiology**, v. 122, n. 4, p. 1343-1353, 2000.

LEQUEUX, H. et al. Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile, **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 8, p. 673-682, 2010.

LOCATO, V. et al. Reactive oxygen species and ascorbate glutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S. D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, p. 45-64, 2010.

LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v. 127, n. 4, p.1781–1787, 2001.

LUCHESE, A. V. et al. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p.1949-1952, 2004.

MACKIE, K.A., MÜLLER, T., KANDELER, E. Remediation of copper in vineyards – A mini review. **Environmental Pollution**. v. 167, n. , p.16-26, 2012.

MANTOVANI, A. **Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais**. 2009. 165 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

MARCATO, S. M.; LIMA, G. J. M. M. de. Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 855-863, 2005.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 659 p.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, 3. ed. London: Academic Press, 2012. 672 p.

MATTIAS, J. L. et al. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciências dos Solos**, v. 34, n. 1, p. 445-454, 2010.

MENCH, M.; MOREL, J. L.; GUCKERT, A. Action des métaux [Cd(II), Cu(II), Pb(II), Zn(II)] sur la production d'exsudats racinaires solubles chez le maïs (*Zea mays* L.). **Agronomie**, v. 8, n. 3, p. 237–241, 1988.

MUCCIFORA, S.; BELLANI, L. M. Effects of copper on germination and reserve mobilization in *Vicia sativa* L. seeds. **Environmental Pollution**, v. 179, p. 68–74, 2013.

NAGAJYOTI, P. C.; LEE, K. D.; SREEKANTH, T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 8, n. 3, p. 199–216, 2010.

NOGUEIROL, R. C. et al. Distribuição dos teores de cobre em profundidade em diferentes tipos de solos com vinhedos no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005. 1 CD-ROM.

NOGUEIROL, R. C. et al. Sequential extraction and availability of copper in Cu fungicide-amended vineyard soils from Southern Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 181, n. 1-3, p. 931-937, 2010.

PENA, L. B. et al. Early response of wheat seminal roots growing under copper excess. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 87, p. 115-123, 2015.

POSMYK, M. M.; KONTEK, R.; JANAS, K. M. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, n. 2, p. 596–602, 2009.

RONSEIN, G. E. et al. Oxidação de proteínas por oxigênio singlete: mecanismos de dano, estratégias para detecção e implicações biológicas. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 563-568, 2006.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1375-1383, 2010.

SEGANFREDO, M. A. Efeito dos dejetos de suínos sobre o nitrogênio total, amônio e nitratos na superfície e subsuperfície do solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO, 2. 1998, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SBCS-NRS, 1998. p. 167-170.

SEGANFREDO, M. A. **Fósforo, cobre e zinco em solos submetidos à aplicação de dejetos animais: teores formas e indicadores ambientais**. 2013. 137 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

SHI-SHENG, K. Effects of Copper on the Photosynthesis and Oxidative Metabolism of *Amaranthus tricolor* Seedlings. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 10, p. 1182-1192, 2007.

SILVA, J. A. N. et al. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.

SOUZA, K. B. et al. Importância de novas espécies de plantas de cobertura do solo para os tabuleiros costeiros. **Revista da Fapese**, v. 4, n. 2, p. 131-140, 2008.

SOUZA, E. P.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 2-4, p.167-173, 2011.

TAMÁS, L. et al. Aluminum stimulated hydrogen peroxide production of germinating barley seeds. **Environmental and Experimental Botany**, v. 51, n. 3, p. 281–288, 2004.

TRANTAPHYLIDES C.; HAVAUX, M. Singlet oxygen in plants: production, detoxification and signaling. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 4, p. 219-229, 2009.

YRUELA, I. Copper in plants: Acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 5, p. 409-130, 2009.

ZANCHETA, A.C.F. et al. Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 737-744, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: GERMINAÇÃO (G), PRIMEIRA CONTAGEM (PC), TESTE DE FRIO (TF), ENVELHECIMENTO ACELERADO (EA), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MASSAL (CEM) DOS SUBLOTES NÃO ENVELHECIDO E ENVELHECIDO DE AVEIA PRETA.

FV	GL	Quadrados médios				
		G ²	PC ²	TF ²	EA ²	CEM ³
Tratamento	1	1,01x10 ³⁹	2,29x10 ^{13*}	83,60*	31,12*	32,39*
Resíduo	14	3,20x10 ³⁸	2,38x10 ¹²	14,28	0,10	2,69
CV (%) ⁴		28	33,76	4,7	5,2	5,93

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

APÊNDICE B – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (CPA), COMPRIMENTO DE RAIZ (CR), COMPRIMENTO TOTAL (CT), MASSA SECA DE PLÂNTULA (MS) DOS SUBLOTES NÃO ENVELHECIDO E ENVELHECIDO DE AVEIA PRETA.

FV	GL	Quadrados médios			
		CPA ³	CR ³	CT ³	MS ³
Tratamento	1	0,56*	4,02*	7,58*	5,64x10 ⁻⁶
Resíduo	14	0,05	0,45	0,55	4,19x10 ⁻⁶
CV (%) ⁴		10,56	10,78	8,89	10,05

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

APÊNDICE C – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE), EMERGÊNCIA (EM), COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (CPA), COMPRIMENTO DE RAIZ (CR), COMPRIMENTO TOTAL (CT), MASSA SECA DE PLÂNTULA (MS) DOS SUBLOTES NÃO ENVELHECIDO E ENVELHECIDO DE AVEIA PRETA.

FV	GL	Quadrados médios					
		IVE ³	EM ²	CPA ³	CR ³	CT ³	MS ²
Tratamento	1	10,03*	6,77x10 ^{+30*}	0,83	0,21	3,78*	0,01
Resíduo	14	0,05	5,05x10 ⁺²⁹	0,19	0,54	0,57	1659,95
CV (%) ⁴		3,03	24,27	6,99	14,39	6,77	13,34

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

APÊNDICE D – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS GERMINAÇÃO (G), PRIMEIRA CONTAGEM (PC), PLÂNTULAS MORTAS (PM) DE DOIS NÍVEIS DE VIGOR DE AVEIA PRETA SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.

FV	GL	Quadrados médios		
		G ³	PC ³	PM ³
Nível de vigor (A)	1	1479,20*	57566*	1328,45*
Concentração de cobre (B)	4	13,07	102	2,67
A*D	4	26,57	32	25,32
Resíduo	70	18,44	43	14,14
CV (%) ⁴		4,76	13,15	45,44

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

APÊNDICE E– RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS COMPRIMENTO DE PARTE AEREA (CPA), COMPRIMENTO DE RAIZ (CR), COMPRIMENTO TOTAL (CT), MASSA SECA DE PLÂNTULA(MS) DE DOIS NÍVEIS DE VIGOR DE AVEIA PRETA SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.

FV	GL	Quadrados médios			
		CPA ³	CR ²	CT ³	MS ²
Nível de vigor (A)	1	31,45*	40,63*	173,58*	4,24x10 ⁻⁸ *
Concentração de cobre (B)	4	1,06*	16,12*	27,57*	8,82x10 ⁻¹⁰
A*D	4	1,08*	7,74*	17,21*	1,46x10 ⁻⁸ *
Resíduo	70	0,30	1,46	3,19	6,18x10 ⁻⁹ *
CV (%) ⁴		20,93	29,05	21,71	0,01

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

APÊNDICE F- RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS COMPRIMENTO DE PARTE AEREA (CPA), COMPRIMENTO DE RAIZ (CR), COMPRIMENTO TOTAL (CT), MASSA SECA DE PARTE AÉREA (MSPA), MASSA SECA DE RAIZ (MSR), MASSA SECA TOTAL (MS) DE DOIS NÍVEIS DE VIGOR DE AVEIA PRETA SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE COBRE EM HIDROPONIA

FV	GL	Quadrados médios					
		CPA ³	CR ³	CT ³	MSPA ³	MSR ³	MS ³
Concentração de cobre (B)	4	127,36*	18,76*	191,26*	0,23*	0,09x10 ⁻¹ *	0,30*
Resíduos	10	2,69	1,79	3,92	0,04x10 ⁻¹	0,02 x10 ⁻²	0,04x10 ⁻¹
Nível de vigor (A)	1	91,18*	4,18	134,41*	0,11*	0,03 x10 ⁻²	0,12*
A*D	4	0,13	0,07	0,28	0,03x10 ⁻¹	0,03 x10 ⁻³	0,03 x10 ⁻¹
Resíduo	70	2,33	1,26	4,01	0,07x10 ⁻¹	0,03 x10 ⁻²	0,01
CV (%) ⁴		30,75	10,79	41,54	0,76	0,13	0,88

* significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; ¹ GL de tratamento e resíduo; ² dados transformados; ³ dados originais; ⁴ coeficiente de variação.

ANEXO

Normas para preparação do manuscrito submetido a revista Journal of Seed Science.

As orientações explicitadas nessas instruções deverão ser seguidas plenamente pelo(s) autor (es).

Organizar os manuscritos seguindo a ordem: TÍTULO RESUMIDO (colocado centralizado no início da primeira página), TÍTULO (em inglês), AUTORES, ABSTRACT (**máximo de 200 palavras**), TÍTULO (em português), RESUMO (**máximo de 200 palavras**), INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS (Opcional) E REFERÊNCIAS. Serão necessários no ABSTRACT "Index terms" e no RESUMO "Termos para indexação", no máximo cinco, que não estejam citados no título.

Na elaboração dos manuscritos, deverão ser atendidas as seguintes normas: Os artigos deverão ser digitados em editor de texto Word (DOC ou RTF), em linhas numeradas (máximo de 30 linhas por página), em espaço duplo e com margens de 2 cm (papel A4), fonte Times New Roman 14 para o título e 12 para o texto, sem intercalação de tabelas e figuras que serão anexadas ao final do trabalho. As figuras deverão estar em programas compatíveis com o WINDOWS, como o EXCEL, e formato de imagens: Figuras (GIF ou TIFF) e Fotos (JPEG) com resolução de 300 dpi.

O manuscrito não deve exceder **um total de 20 páginas**, incluindo figuras, tabelas e referências. **Artigos com mais de 20 páginas serão devolvidos.** A redação dos trabalhos deverá apresentar concisão, objetividade e clareza, com a linguagem no passado impessoal, exceto para as conclusões que devem ser redigidas no presente.

No ABSTRACT e no RESUMO não serão permitidos parágrafos, bem como a apresentação de dados em colunas ou em quadros e a inclusão de citações bibliográficas.

O(s) nome(s) do(s) autor (es) deverá(ão) ser mencionado(s) por extenso logo abaixo do título. O autor para correspondência deve ser identificado por um asterisco. No rodapé da primeira página, através de chamadas apropriadas, deverá ser inserida a afiliação institucional do(s) autor (es), mencionando Departamento ou Seção, Instituição, Caixa Postal, CEP, Município e País e apenas o e-mail do autor para correspondência.

Citações no Texto: as citações de autores, no texto, serão feitas pelo sobrenome com apenas a primeira letra em maiúsculo, seguida do ano de publicação. No caso de dois autores, serão incluídos os sobrenomes de ambos, intercalado por "e"; havendo mais de dois autores, será citado apenas o sobrenome do primeiro, seguindo de "et al.". Em caso de citação, de duas ou mais obras do(s) mesmo(s) autor (es), publicadas no mesmo ano, elas deverão ser identificadas por letras minúsculas (a,b,c, etc.), colocadas imediatamente após o ano de publicação.

Referências: será exigido que 60% das referências bibliográficas sejam de artigos listados na base ISI Web of Knowledge, Scopus ou SciELO (revistas indexadas) com data de publicação inferior a 10 anos.

Não serão aceitos nas referências citações de monografias, dissertações e teses, anais e resumos.

Evitar:

- citações excessivas de livros textos;
- citações obsoletas e revistas informativas e não científicas. Citações de artigos recentes publicados no JSS podem ser acessadas pelo site: www.scielo.br/jss

As referências deverão ser apresentadas em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração; mencionar todos os autores do trabalho separados por “;”. Seguir as normas da ABNT NBR6023. As referências deverão conter *hiperlinks* para possibilitar acesso para qualquer página Web na Internet. Basta posicionar o cursor no local desejado de um texto ou planilha, digitar o endereço da página ex: www.abrates.org.br e teclar a barra de espaços. O *hyperlink* será criado automaticamente. Posicione o cursor em uma das letras do *hyperlink* criado, tecele Shift F10 para abrir o menu, desça com a seta até a opção abrir *hyperlink* e tecele *enter* que a página será aberta.

Alguns exemplos são apresentados a seguir:

Artigos de Periódicos: (não deverá ser mencionado o local de publicação do periódico).

LIMA, L.B.; MARCOS-FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e germinação sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.138-147, 2010.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0101-31222010000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt

OLIVEIRA, A.S.; CARVALHO, M.L.M.; NERY, M.C.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M. Seed quality and optimal spatial arrangement of fodder radish. *Scientia Agricola*, v. 68, n.4, p.417-423, 2011.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0103-90162011000400005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Livros:

MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

Capítulos de Livro:

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.

Leis, Decretos, Portarias:

País ou Estado. Lei, Decreto, ou Portaria nº ..., de (dia) de (mês) de (ano). *Diário Oficial da União*, local de publicação, data mês e ano. Seção ..., p. ...
BRASIL. Medida provisória nº 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção I, p.29514.

Documentos Eletrônicos:

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SNPC - Lista de Cultivares protegidas.

http://extranet.agricultura.gov.br/php/proton/cultivarweb/cultivares_protegidas.php

Acesso em: 13 jan. 2010.

Tabelas

As tabelas no formato “retrato” numeradas com algarismos arábicos, devem ser encabeçadas por título auto-explicativo, com letras minúsculas, não devendo ser usadas linhas verticais para separar colunas nem constar o local e data de realização do experimento.

Figuras

As figuras (gráficos, desenhos, mapas ou fotografias) deverão ser numeradas em algarismos arábicos em programas compatíveis com o WORD FOR WINDOWS (TIFF 300 dpi) inseridas no texto preferencialmente como objeto. Os desenhos e as fotografias deverão ser digitalizados com alta qualidade (JPEG) e enviados no tamanho a ser publicado na revista. As legendas digitadas logo abaixo da figura e iniciadas com denominação de Figura, devem ser seguidas do respectivo número e texto, em letras minúsculas.

Unidades de medida

Devem ser redigidas com espaço entre o valor numérico e a unidade. Ex: 10 °C, 10 mL, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. O símbolo de percentagem deve ficar junto do algarismo, sem espaço. Ex: 10%. Utilizar o Sistema Internacional de Unidades em todo texto.

O arquivo do artigo que não deverá ultrapassar 1,5 Kb.

Além disso, deverá enviar por e-mail (abrates@abrates.org.br) um documento constando a assinatura e a concordância de todos os autores em submeter e (ou) publicar o artigo na JSS, delegando à revista, os direitos de tradução para língua inglesa (modelo de carta de submissão no site).

Recomenda-se que as orientações explicitadas nestas instruções sejam seguidas plenamente pelo(s) autor(es), observando o seguinte modelo:

Modelo de formatação de trabalho a ser encaminhado para a JSS:

(Título resumido) Storage of *Euterpe oleracea* seeds

Conservation of *Euterpe oleracea* seeds¹

Walnice Maria Oliveira do Nascimento^{2*}, Sílvio Moure Cicero³, Ana Dionísia Luz
Coelho Novembre³

ABSTRACT – texto (200 palavras)

Index terms:

Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

RESUMO – texto (200 palavras)

Termos para indexação:

¹Submetido em _____ . Aceito para publicação em _____ .

²Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, 66095-100 – Belém, PA, Brasil.

³Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, Caixa Postal 9, 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil.

* Autor para correspondência <walnice@cpatu.embrapa.br>

Introdução

texto

Material e Métodos

texto

Resultados e Discussão

texto

Conclusões

texto

Agradecimentos (opcional)

texto

Referências

(iniciar em página separada)

Seguir as normas da ABNT NBR6023 conforme já mencionado no item Referências.

Modelo para apresentação de tabela

Tabela 1. Relação entre a qualidade de semente e a densidade de semeadura na emergência de plântulas em campo e o índice de velocidade de emergência em milho BRS 201.

Qualidade de semente (%)	Número de sementes ha ⁻¹ (1000)					
	50		60		70	
	Emergência (%)	IVE	Emergência (%)	IVE	Emergência (%)	IVE
Q1 (95.0)	94.8 a*	13.3 a*	95.1 a*	13.4 a*	97.0 a*	13.6 a*
Q2 (90.0)	95.6 a	13.5 a	95.1 a	13.0 a	96.0 a	13.2 a
Q3 (85.0)	84.2 b	10.9 b	83.7 b	10.6 b	82.0 b	10.7 b
Q4 (75.0)	72.3 c	9.4 c	76.2 c	9.6 c	74.4 c	9.5 c
Média	86.7	11.8	87.5	11.6	87.4	11.8

As médias dentro de cada coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Modelo para apresentação de figura

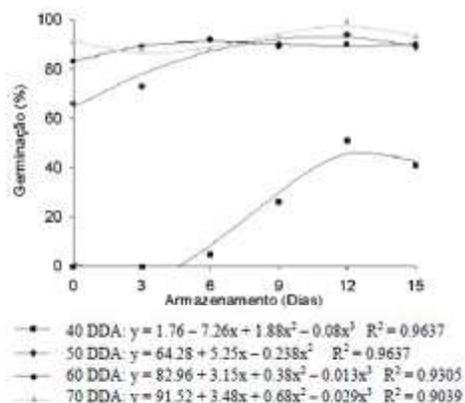


Figura 1. Germinação de sementes de pimenta extraídas de frutos colhidos aos 40, 50, 60 e 70 DAA e armazenados por 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias.