

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDA BRITO CARDOSO

**TESTES DE VIGOR PARA AVALIAR A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE CHIA**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDA BRITO CARDOSO

**TESTES DE VIGOR PARA AVALIAR A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE CHIA**

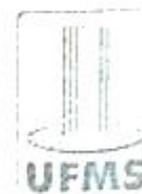
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Charline Zaratín Alves

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia, área
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2018



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Fernanda Brito Cardoso

ORIENTADOR (A): Prof. (a) Dr. (a) Charline Zaratín Alves

**TESTES DE VIGOR PARA AVALIAR A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE CHIA**

Prof.(a) Dr.(a) Presidente Charline Zaratín Alves

Prof.(a) Dr.(a) Ana Carina da Silva Candido

Prof.(a) Dr.(a) Eliana Duarte Cardoso

Chapadão do Sul, 07 de Março de 2018.

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais, irmão e noivo
que sempre acreditaram no meu potencial
incentivando e apoiando sempre em todas
minhas decisões.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por toda proteção, guiando-me por todos momentos de minha caminhada.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Chapadão do Sul; Ao programa de pós-graduação em agronomia (Produção Vegetal); Ao laboratório de Tecnologia de Sementes; Aos professores, por todo conhecimento adquirido e contribuição no preparo profissional;

A Capes, pela concessão da bolsa de estudos;

À minha orientadora, professora Dr^a. Charline Zaratín Alves, por toda orientação, paciência, apoio, compreensão, principalmente pela ajuda e amizade em todo processo. Serei eternamente grata!

À Técnica do Laboratório de Tecnologia de Sementes e Professora Ana Carina Cândido por toda orientação e auxílio para realização da pesquisa no laboratório, além da amizade durante esses 2 anos.

À todos os meus colegas do Laboratório de Tecnologia de Sementes: Carlos, Elicia, Izabela, Mariely e Mayara pelo auxílio na realização dos testes;

Aos meus amigos Carlos Henrique Queiroz Rego, Izabela Cristina de Oliveira e Laís Mayara Melo Duré pelo convívio diário e amizade fora do campus da UFMS.

Ao meu noivo, pelo companheirismo e paciência durante o período de desenvolvimento desse trabalho;

À minha família, que mesmo com a distância sempre estiveram presentes com palavras de afirmação e incentivo para que pudesse conquistar essa etapa;

À todos que contribuíram de maneira direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

EPIGRAFE

"TALVEZ NÃO TENHA CONSEGUIDO FAZER O MELHOR, MAS FIZ TUDO PARA QUE O MELHOR FOSSE FEITO. NÃO SOU O QUE DEVERIA SER, MAS, GRAÇAS A DEUS, NÃO SOU O QUE ERA ANTES."

Marthin Luther King

RESUMO

CARDOSO, Fernanda Brito. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de chia.

Professor Orientador: Dra. Charline Zaratin Alves

Pertencente à família das Lamiáceas, a chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta originária do centro-oeste do México e norte da Guatemala, muito conhecida por suas sementes conterem antioxidantes, fibras dietéticas e ácido α -linolênico, que auxilia na prevenção de várias doenças. No Brasil, o cultivo desta espécie é recente e não há muitas informações a respeito da cultura. Sendo assim, foram realizados dois experimentos com o objetivo de estabelecer metodologia de testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de chia. Foram utilizados cinco lotes de sementes, nos quais foram realizados os testes de germinação, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e variações no teste de condutividade elétrica, sendo volume de água destilada: 25 e 50 mL, quantidade de sementes: 50 e 100, temperatura: 20, 25 e 30 °C e período de embebição: 1, 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas (experimento 1); e variações no teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional e solução saturada de NaCl, sendo períodos de envelhecimento: 24, 48, 72 e 96 horas e temperaturas: 38, 41 e 44 °C (experimento 2). Conclui-se que tanto o teste de condutividade elétrica quanto o de envelhecimento acelerado são eficientes na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de chia. O teste de condutividade elétrica deve ser realizado com 100 sementes em 50 mL de água destilada, pelo período de quatro horas de embebição, a 25 ou 30 °C; e o teste de envelhecimento acelerado deve ser realizado a 44 °C por 24 horas pelo método tradicional ou 41 °C por 24 horas utilizando solução saturada de NaCl.

PALAVRAS-CHAVE: *Salvia hispanica*. Vigor. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

CARDOSO, Fernanda Brito. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Adequação da metodologia de testes de vigor para avaliar qualidade de sementes de chia.

Author: Fernanda Brito Cardoso.

Adviser: Dra. Charline Zaratin Alves.

Chia (*Salvia hispanica* L.) is a plant native to central and western Mexico and northern Guatemala, well known for its seeds containing antioxidants, dietary fibers and α -linolenic acid, which helps to prevent diseases. In Brazil, the cultivation of this species is recent and there is not much information about the culture. Thus, two experiments were carried out with the objective of establishing vigor testing methods to evaluate the physiological quality of chia seeds. Five seed lots were used, in which germination tests, seedling emergence, emergence velocity index and variations in the electrical conductivity test were carried out. The volume of distilled water was 25 and 50 mL, the number of seeds was 50 and 100, temperature: 20, 25 and 30 °C and imbibition period: 1, 2, 4, 6, 12, 18 and 24 hours (experiment 1); and variations in the aging test accelerated by the traditional method and saturated solution of NaCl, being aging periods: 24, 48, 72 and 96 hours and temperatures: 38, 41 and 44 °C (experiment 2). It is concluded that both the electrical conductivity test and the accelerated aging test are efficient in evaluating the physiological quality of chia seeds. The electrical conductivity test must be performed with 100 seeds in 50 mL of distilled water, for four hours soaking at 25 or 30 °C; and the accelerated aging test should be performed at 44 °C for 24 hours by the traditional method or 41 °C for 24 hours using saturated NaCl solution.

KEY-WORDS: *Salvia hispanica*. Vigor. Physiological quality.

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Caracterização da qualidade inicial de sementes de chia pelo teor de água, germinação (GERM), emergência de plântulas (EMER) e índice de velocidade de emergência (IVE).....	27
2	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 20 °C utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos períodos de embebição	29
3	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 25 °C utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos períodos de embebição	30
4	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 30 °C utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos períodos de embebição.....	32
5	Teor de água (%) inicial e após os períodos de envelhecimento acelerado tradicional e com solução saturada de NaCl, em cinco lotes de sementes de chia.....	40
6	Caracterização da qualidade inicial de sementes de chia pelos testes de germinação (GERM), emergência de plântulas (EMER) e índice de velocidade de emergência (IVE).....	41
7	Porcentagem de germinação após o teste de envelhecimento acelerado pelo procedimento tradicional, em cinco lotes de sementes de chia	42

8	Porcentagem de germinação após o teste de envelhecimento acelerado pelo método de solução saturada de NaCl, em cinco lotes de sementes de chia.....	44
---	---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A cultura da chia	14
2.2 Testes de vigor.....	16
2.3 Condutividade elétrica.....	17
2.4 Envelhecimento acelerado	18
3 REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 1 - TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAR A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA.....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO 2 – ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAR A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA.	36
RESUMO.....	36
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADO E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.) possui grande importância devido às suas características nutricionais e medicinais, proporcionando benefícios à saúde humana (JIMÉNEZ, 2010). No Brasil, o cultivo desta espécie é recente e não há muitas informações a respeito da cultura quanto as suas características agronômicas.

Sabe-se que para o estabelecimento de qualquer cultura no campo é de suma importância a utilização de sementes de alta qualidade fisiológica, para proporcionar rápida emergência e estabelecimento de plântulas (HOFS et al., 2004). A qualidade fisiológica das sementes é determinada pela germinação e vigor, estando relacionada com a velocidade de germinação, emergência em campo, longevidade no armazenamento, entre outros (MARCOS FILHO; NOVENBRE, 2009). Os resultados dos testes de vigor são importantes nos programas de controle de qualidade, garantindo desempenho satisfatório das sementes quando semeadas no campo.

Existem vários testes de vigor que podem ser utilizados, porém não existe método padronizado e recomendado para todas as espécies (MENDONÇA et al., 2008). Para a cultura da chia não há constatação de métodos padronizados de análises de sementes, tanto nas Regras para Análise de Sementes nacionais (BRASIL, 2009) como internacionais (ISTA, 2003). Sendo assim, há necessidade de realização de estudos a respeito dessa cultura.

O teste de condutividade elétrica avalia o processo de deterioração das sementes através da lixiviação de constituintes celulares, isso ocorre devido a perda da integridade física das membranas celulares (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). É considerado um teste de alta confiabilidade e de rápida execução, no qual o teste padrão é executado em 24 horas, porém estudos estão sendo realizados para diminuir esse período e obter os resultados mais rápidos. Kulczynski et al. (2014) verificaram que é possível a obtenção de resultados em sementes de gergelim a partir de duas horas de embebição quando utilizado 75 mL / 25 sementes a 25 °C. Alves et al. (2012) obtiveram resultados satisfatórios em sementes de berinjela no período de quatro horas de embebição, quando utilizado 50 mL / 25 sementes a 30 °C. Em sementes de pinhão-manso, o teste foi eficiente ao se utilizar 15 sementes submersas em 75 mL de água, com leitura após seis horas de embebição a 25 °C (ARAÚJO et al., 2011).

No teste de envelhecimento acelerado se avalia a germinação de sementes após as mesmas terem sido submetidas a elevação de temperatura e umidade relativa do ar por determinado período de tempo (ROSSETO; MARCOS FILHO, 1995), aumentando, consideravelmente, a taxa de deterioração (NAKAGAWA, 1999). Esse teste está relacionado ao potencial de conservação das sementes e devido a esse fato, é considerado como um dos mais sensíveis para avaliação do vigor (MARCOS FILHO, 1999b).

A exposição das sementes às condições de alta temperatura e umidade relativa do ar durante o teste de envelhecimento acelerado pode promover diferenças acentuadas no comportamento das amostras avaliadas. Essas diferenças têm sido observadas, principalmente, em sementes pequenas (MARCOS FILHO, 2005), devido essas sementes absorverem água mais facilmente e deteriorarem rapidamente, dificultando a obtenção de resultados confiáveis (TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Assim, têm sido estudadas alternativas para a condução do teste, como a substituição da água colocada no interior da caixa plástica por soluções saturadas de cloreto de sódio (NaCl), diminuindo a umidade relativa para 76% (JIANHUA; MCDONALD, 1996), reduzindo a velocidade de absorção de água, promovendo efeitos menos drásticos sobre as sementes e resultados menos variáveis (JIANHUA; MCDONALD, 1996; PANOBIANCO; MARCOS FILHO 2001).

Utilizando a metodologia tradicional, no qual a umidade relativa do ambiente chega a 100%, Barbosa, Costa e Sá (2011) obtiveram resultados satisfatórios em sementes de alface, utilizando a combinação de 41 °C por 72 horas. Souza, Nakagawa e Machado (2009) também observaram resultados positivos em sementes de aveia preta, utilizado 40 °C por 24 horas de exposição das sementes. Já Alves e Sá (2012) verificaram benefícios da solução saturada em comparação ao procedimento tradicional em sementes de rúcula a 41 °C por 72 e 96 horas de período de exposição. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes, Franke e Nunes (2009) e Radke et al. (2016), em sementes de azevém e coentro, respectivamente, a 41 °C por 24 horas de exposição.

Devido à escassez de informações, o objetivou-se estabelecer metodologia de testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de chia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da chia

Salvia hispanica L., popularmente conhecida como chia, pertence à família Lamiaceae, que contem cerca de 170 gêneros e 3.000 espécies com ampla distribuição nas regiões tropicais e temperadas (BUENO et al., 2010). É nativa da região que se estende do centro-oeste do México até o norte da Guatemala. Em nível comercial, a chia é cultivada no México, Argentina, Bolívia, Guatemala, Equador e Austrália, onde o maior centro produtor se encontra no México nas cidades de Acatic e Jalisco, das quais são exportadas grandes quantidades para o Japão, EUA e Europa (IXTAINA; NOLASCO; TOMÁS, 2008).

Desde 1991, essa cultura tem sido desenvolvida com sucesso na Argentina, onde se tornou atividade econômica muito importante para a região (CAPITANI et al., 2013). No Brasil, as regiões do noroeste do Rio Grande do Sul e oeste paranaense investiram no cultivo de chia, onde a espécie vem apresentando resultados satisfatórios em seu desenvolvimento (MIGLIAVACCA et al., 2014).

A chia é uma planta herbácea, anual, suas sementes são pequenas com aproximadamente 2 mm de diâmetro, oval e variam da cor branca a marrom escuro (SILVA; GARCIA; ZANETTE, 2016), as quais foram abundantemente utilizadas por tribos astecas, principalmente como alimento, para uso medicinal e fabricação de tintas (COATES; AYERZA, 1996). A planta possui folhas opostas, com 4 a 8 cm de comprimento por 3 a 5 cm de largura; flores hermafroditas de coloração roxa e branca e espigas nas pontas dos ramos, dando origem a frutos aquênios (JIMÉNEZ, 2010).

Suas sementes produzem grande quantidade de composto mucilaginoso quando embebidas em água, comportamento observado por espécies das famílias Asteraceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Plantaginaceae, entre outras, sendo um benefício ecológico, pois são plantas de maior incidência em habitats desérticos (WEBER et al., 1991). Yang, Dong e Huang (2010) acredita que a mucilagem, possivelmente, atua como uma espécie de filtro que previne efeitos prejudiciais durante o processo germinativo.

As plantas podem atingir até dois metros de altura se forem semeadas nos meses de outubro e novembro no Brasil, na qual há condições ideais ao seu

desenvolvimento, chegando a produção de 800 kg.ha⁻¹ de sementes (MIGLIAVACCA et al., 2014). Esses autores relataram que a semeadura pode ser realizada também nos meses de março e abril, entretanto, a produtividade nessa época é menor, estando entre 200 a 300 kg.ha⁻¹; porém pode servir como alternativa para o sistema de rotação de culturas, contribuindo para a formação de palhada e atuando como cobertura vegetal para o solo, além do retorno econômico.

A planta se adapta bem em solos de textura média a arenosa e bem drenados, e como a maioria das sálvias, tolera bem a acidez do solo e é resistente à seca; porém não suporta geadas, necessitando de sol abundante para ocorrer a frutificação (JIMÉNEZ, 2010). Apesar de tolerar condições de solos ácidos, recomenda-se a correção do solo e o fornecimento de cálcio e magnésio à cultura (MIRANDA, 2012).

A profundidade de semeadura é um dos principais fatores que limitam o estabelecimento da cultura, devido à baixa quantidade de reservas da semente (MIGLIAVACCA et al., 2014), requerendo pequena profundidade (ROJAS, 2013). A colheita pode ser feita manual ou por meio da adaptação de colhedoras convencionais, devido ao tamanho reduzido da semente. As modificações estão relacionadas à altura da plataforma e redução da malha das peneiras, a fim de evitar perdas (COATES; AYERZA, 1998). O ponto adequado da colheita da chia é quando a planta apresenta 80% das folhas com coloração escura, secas ou mortas (MIRANDA, 2012).

O consumo da chia é destinado basicamente à alimentação, sendo facilmente encontrada como grão in natura e, também, na forma de farinha e óleo. Nos últimos anos, suas sementes têm sido bastante estudadas, devido apresentarem efeitos benéficos à saúde humana (SANDOVAL-OLIVEROS; PAREDES-LÓPEZ, 2013), como redução da obesidade, colesterol e triglicerídeos, regulação intestinal e prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes tipo II e alguns tipos de câncer (JIN et al., 2012).

Em relação à composição química, as sementes são compostas por proteínas (15 a 25%), lipídeos (30 a 33%), fibras altamente dietéticas (18 a 30%), carboidratos (26 a 41%), minerais e vitaminas. Também apresentam quantidade elevada de componentes antioxidantes (IXTAINA; NOLASCO; TOMÁS, 2008) como beta-caroteno, tocoferol, ácido clorogênico, ácido caféico e flavonóides, o que previne a

rancificação dos ácidos graxos insaturados presentes nos alimentos (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

Dos 33% de óleo da semente, 58,7% corresponde ao ácido α -linolênico, ácido graxo insaturado ômega-3, importante para a saúde humana, sendo essencial, já que o corpo não é capaz de sintetizá-lo. Entre os principais componentes do óleo, também, se encontra o ácido linoléico que varia entre 17 e 26%. Uma notável diferença entre a chia e as outras fontes de ômega-3 é o baixo teor de sódio das sementes, o que a torna uma excelente opção de alimento para quem sofre de pressão sanguínea alta e necessita de dieta com baixos níveis de sódio (BUSILACCHI et al., 2013).

2.2 Testes de vigor

A redução do poder germinativo é um indicativo importante da perda de qualidade das sementes, porém, é o final do processo de deterioração (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Desta forma, o uso de testes alternativos tem sido proposto para avaliar o real estágio de deterioração das sementes.

Os testes de vigor são capazes de identificar, com precisão, os avanços da deterioração das sementes, possibilitando diferenciar lotes com germinação semelhante. Diversos testes vêm sendo estudados para avaliar o vigor, porém não existe método padronizado que possa ser recomendado para todas as espécies (MENDONÇA et al., 2008). Estes testes são classificados em métodos diretos e métodos indiretos. Os diretos são os que procuram simular as condições que ocorrem no campo e os indiretos procuram avaliar atributos que, indiretamente, se relacionam com a emergência em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Um único teste de vigor não é capaz de caracterizar todas as interações possíveis entre as sementes e as condições ambientais, antes, durante e após a colheita. Nesse sentido, vários testes precisam ser realizados para aumentar as informações e reduzir os erros associados à decisão de aceitar ou rejeitar um lote de sementes para armazenamento e/ou comercialização e semeadura (HAMPTON; COOLBEAR, 1990).

Alguns testes podem ser realizados em conjunto com a germinação, como a primeira contagem de germinação, que é considerada um teste de vigor devido a

velocidade da germinação ser uma das primeiras características afetadas no processo de deterioração das sementes (VIEIRA, 1994).

As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído testes de vigor, como a condutividade elétrica e o envelhecimento acelerado, em programas internos de controle de qualidade, para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 1999).

2.3 Condutividade elétrica

O princípio desse teste baseia-se no valor da condutividade elétrica, medido em função da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes, sendo diretamente relacionado à integridade das membranas celulares (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

Os solutos liberados possuem propriedades eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica, que é medida por condutivímetro. Esse aparelho monitora a quantidade de exsudatos liberados das sementes para o meio externo, constituindo-se em um importante método para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes (HAMPTON; TEKRONY 1995).

Esse teste é aceito e recomendado para ser usado em sementes de ervilha pela International Seed Testing Association (ISTA) (MATTHEWS; POWELL, 1981) e para sementes de soja pela Association of Official Seed Analysts (AOSA) (AOSA, 1983; HAMPTON; TEKRONY, 1995).

A pesquisa vem indicando que vários fatores alteram os resultados desse teste, tais como: idade da semente, genótipo, qualidade da água, temperatura e período de embebição, teor de água, número de sementes e até mesmo o tamanho das mesmas (VIEIRA, 1994). O teste padrão de condutividade elétrica é realizado em 24 horas, utilizando 25 sementes e 75 ml de água, porém estudos vêm sendo realizados para reduzir esse período. Alves et al. (2012) verificaram em sementes de berinjela que o teste foi eficaz quando utilizado 25 sementes, embebidas por quatro horas em 50 mL de água a 30 °C. Em sementes de aveia preta, Menezes et al (2007) verificaram que a imersão por oito horas em 75 mL de água a 25 °C permitiu a estratificação de lotes em diferentes níveis de vigor.

Em sementes de pinhão-manso, o teste foi eficiente ao se utilizar 15 sementes submersas em 75 mL de água, com leitura após seis horas de embebição,

à 25 °C (ARAÚJO et al., 2011). Já em sementes de mamona, Silva e Martins (2009) observaram que a imersão das sementes por quatro horas e seis horas, sendo utilizadas 25 e 50 sementes, respectivamente, na temperatura de 25 °C, foi eficiente para avaliação do vigor.

Portanto, de acordo com a literatura, o teste de condutividade elétrica é eficiente na avaliação do vigor de várias culturas, entretanto, há necessidade de padronização do teste para a cultura da chia.

2.4 Envelhecimento acelerado

Entre os diversos testes de vigor, o teste de envelhecimento acelerado vem apresentando resultados satisfatórios, sendo um dos mais sensíveis e eficientes para determinar o potencial fisiológico de sementes de diversas espécies, quando essas são submetidas a temperatura e umidade relativa elevadas (DELOUCHE; BASKIN, 1973). O princípio do teste baseia-se no aumento da taxa de deterioração das sementes pela sua exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, sendo esses os fatores ambientais de maior influência na intensidade e velocidade de deterioração das sementes (TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 1999).

A sequência hipotética do processo de deterioração das sementes envolve a degradação das membranas celulares, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, da velocidade de germinação, do potencial de conservação durante o armazenamento, da taxa de crescimento e desenvolvimento, da uniformidade e da emergência de plântulas em campo, aumentando a ocorrência de plântulas anormais com perdas no poder germinativo (DELOUCHE; BASKIN, 1973). A exposição das sementes às condições de temperatura e umidade relativa do ar durante o teste de envelhecimento acelerado pode promover diferenças acentuadas no comportamento das amostras avaliadas simultaneamente.

Esses efeitos têm sido detectados, de maneira mais drástica em sementes tipicamente de menor tamanho, como as hortaliças (MARCOS FILHO, 2005). O teste pode apresentar limitações porque essas sementes absorvem água e se deterioram mais rapidamente, dificultando a obtenção de resultados confiáveis (TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

Por esse motivo, tem sido estudadas alternativas para a condução do teste de envelhecimento acelerado, como por exemplo, a substituição da água colocada no interior da caixa plástica por soluções saturadas de sal. Essa iniciativa permite a obtenção de umidade relativa de aproximadamente, 87, 76 e 55%, quando usados respectivamente, KCl, NaCl e NaBr (JIANHUA; MCDONALD, 1996). A redução da velocidade de captação de água e da intensidade de deterioração provoca efeitos menos drásticos sobre as sementes e resultados menos variáveis (JIANHUA; MCDONALD, 1996; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001).

O teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal é promissor para utilização em programas de controle de qualidade, pois além de proporcionar redução da absorção de água pelas sementes, requer equipamentos e metodologia semelhantes ao método tradicional (sem o NaCl), constituindo-se em um método alternativo no auxílio da padronização do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes (TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

Em sementes de rúcula, Ramos et al. (2004) verificaram que o período de 48 horas a 41 °C, com solução saturada de NaCl ou água foi eficiente na classificação do vigor dos lotes. Em sementes de maxixe, a eficiência do teste de envelhecimento acelerado foi estabelecido com a exposição das sementes pelo período de 72 horas, utilizando solução salina (NaCl), a 41 °C (TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

A utilização tanto do procedimento tradicional como de solução salina apresentou sensibilidade para avaliação do potencial fisiológico das sementes de tomate, no período de 72 horas a 41 °C (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001). Já em sementes de pimenta, as temperaturas de 38 ou 42 °C por 96 horas, tanto pelo método tradicional como pelo método modificado, foi eficaz para a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor (BHERING et al., 2006). Portanto, o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para várias espécies, tanto pelo método tradicional como para o método modificado, sendo essencial o estabelecimento desse teste nas sementes de chia, já que é desconhecido para essa cultura.

3 REFERÊNCIAS

- ALVES, C. Z. et al. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 975-980, 2012.
- ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado em sementes de rúcula. **Ciência Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2789-2798, 2012.
- AOSA. **Association of official seed analysts Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 93 p. (Contribution, 32). 1983.
- ARAÚJO, R.F. et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Idesia**, Chile, v. 29, n. 2, 2011.
- BARBOSA, R. M.; COSTA, D. S.; SÁ, M. E. Envelhecimento acelerado em sementes de Alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1899-1902, 2011.
- BHERING, M.C. et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 64-71, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BUENO, M. et al. In vitro response of different *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) explants. **Molecular Medicinal Chemistry**, Singapura, v. 21, p. 125-126, 2010.
- BUSILACCHI, H. et al. Evaluacion de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). **Cultivos Tropicales**, San José de las Lajas, v. 34, n. 4, p. 55-59, 2013.
- CAPITANI, M. I. **Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) Aplicación en tecnología de alimentos**. 2013. 230 f. Facultad de Ciencias Exactas Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. 2013.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ª Ed. Jaboticabal, Funep, 2000. 588 p.
- COATES, W.; AYERZA, R. Commercial Production of Chia in Northwestern Argentina. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 1417-1420, 1998.
- COATES, W.; AYERZA, R. Production potential of chia in north-western Argentina. **Industrial Crop Production**, v. 5, n. 3, p. 229-233, 1996.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**, Zurich: ISTA. 3. ed, 117 p, 1995.

HAMPTON, J. G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.

HOFS, A. et al. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 2, p. 54-62, 2004.

ISTA. **International Rules for seed Testing**. Edition 2003/1. Zurich, Switzerland. 2003.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 28, n. 3, p. 286–293, 2008.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.

JIMÉNEZ, F. E. G. **Caracterización de compuestos fenólicos presente en la semilla y aceite de chía (*Salvia hispanica* L.), mediante electroforesis capilar**. 2010. 101p. Tesis (Mestrado em Ciências em Alimentos) Instituto Politécnico Nacional Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Cidade do México, 2010.

JIN, F. et al. Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 67, p. 105-110, 2012.

KULCZYNSKI, S. M. et al. Teste de Condutividade Elétrica para Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Gergelim (*Sesamun indicum* L.). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 72-81, 2014.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B.; NUNES, F. S. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de azevém. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 089-094, 2009.

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, p.3.1-3.24. 1999a.

MARCOS FILHO, J. 1999b. Testes de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p. 3.1-3.21.

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

- MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. da L. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. N. **Tecnologia de sementes de hortaliças**, Brasília, EMBRAPA, p. 185-246, 2009.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: Perry, D. A. (ed.). **Handbook of vigour methods**. Zürich: ISTA, p. 37-42. 1981.
- MENDONÇA, E. A. F. et al. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 1-9, 2008.
- MENEZES, N. L. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 138-142, 2007.
- MIGLIAVACCA, R. A. et al. O cultivo da chia no brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 161-179, 2014.
- MIRANDA, F. **Guia Técnica para el Manejo del Cultivo de Chia (*Salvia hispánica*) em Nicaragua**. Sébaco: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación Del Norte (Cecoopsemein RL.), 2012. Disponível em: <http://cecoopsemein.com/Manual_de_poduccion_de_CHIA_SALVIA_HISPANICA.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2017.
- NAKAGAWA, J. 1999. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. (eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p. 2.1-2.21.
- PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, p. 525-531. 2001.
- RADKE, A. K. et al. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 1, p. 95-99, 2016.
- RAMOS, N. P. et al. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2004.
- REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispánica* L.) seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, n. 2, p. 656–663, 2008.
- ROJAS, D. B. E. V. **Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en Chía (*Salvia hispánica* L.) en al región metropolitana**. 2013. 39p. Memoria (Ingeniera Agrónoma) - Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, 2013.
- ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, p. 123-131. 1995.

- SANDOVAL-OLIVEROS, M. R.; PAREDES-LÓPES, O. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 193-201, 2013.
- SILVA, C., GARCIA, V. A. S., ZANETTE, C. M. Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction using different organic solvents: oil yield, fatty acids profile and technological analysis of defatted meal. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 23(3), p. 998-1004, 2016.
- SILVA, L. B.; MARTINS, C. C. Teste de condutividade elétrica para sementes de mamoneira. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1043-1050, 2009.
- SOUZA, S. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 144-163, 2009.
- TEKRONY, D. M. **Accelerated ageing**. In: VENTER, H.A. Seed Vigour Testing Seminar, Copenhagen, Denmark, p. 53-73, 1995.
- TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p.108 -112, 2001.
- 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, cap. 4, p. 1-26. 1999.
- VIEIRA, R. D. **Teste de condutividade elétrica**. In: Vieira, R.D.; Carvalho, N.M. (ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, pp. 103-132. 1994.
- WEBER, C. W. et al. The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. **Ecology of Food and Nutrition**, Londres, v. 26, p. 119-125. 1991.
- YANG, X.; DONG, M.; HUANG, Z. Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) achenes exposed to osmotic stress and salinity. **Plant physiology and biochemistry: PPB / Société française de physiologie végétale**, Paris, v. 48, n. 2-3, p. 131-135, 2010.

1 **CAPÍTULO 1 - TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAR A**
2 **QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA.**

3
4 **RESUMO** - Objetivou-se estabelecer a adequação da metodologia do teste de condutividade
5 elétrica para avaliar o vigor de sementes de chia. Utilizou-se cinco lotes de sementes de chia,
6 nos quais foram realizados os testes de germinação, emergência de plântulas, índice de
7 velocidade de emergência e variações no teste de condutividade elétrica. Nos resultados
8 obtidos, verificou-se que a 25 °C, utilizando 25 mL / 50 sementes houve classificação dos
9 lotes semelhante a emergência nos períodos de 12 e 24 horas de embebição; utilizando 100
10 sementes, no período de seis horas e 50 mL / 100 sementes com quatro horas de embebição. À
11 30 °C, somente a combinação 50 mL / 100 sementes resultou na classificação semelhante à
12 emergência. Assim, conclui-se que o teste de condutividade elétrica é eficiente na avaliação
13 da qualidade fisiológica de sementes de chia, devendo ser realizado com 100 sementes em 50
14 mL de água destilada, pelo período de quatro horas de embebição, a 25 ou 30 °C.

15
16 **Palavras-chave:** *Salvia hispanica*. Liberação de exsudatos. Vigor.

17
18
19 **CHAPTER 1 – ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST TO ASSESS**
20 **PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CHIA SEEDS.**

21
22 **ABSTRACT** - The objective was to establish the adequacy of the electrical conductivity test
23 methodology to evaluate the vigor of chia seeds. Five lots of chia seeds were used, in which
24 tests of germination, emergence of seedlings, index of emergency speed and variations in the
25 electrical conductivity test were carried out. In the obtained results, it was verified that at 25
26 °C, using 25 mL / 50 seeds there was classification of lots similar to emergency in the periods
27 of 12 and 24 hours of imbibition; using 100 seeds, in the period of six hours and 50 mL / 100
28 seeds with four hours of imbibition. At 30 °C, only the combination 50 mL / 100 seeds
29 resulted in the emergence-like classification. Thus, it is concluded that the electrical
30 conductivity test is efficient in assessing the physiological quality of chia seeds, and should be
31 performed with 100 seeds in 50 mL of distilled water, for four hours soak at 25 or 30 °C.

32
33 **Keywords:** *Salvia hispanica*. Release of exudates. Vigor.

34 INTRODUÇÃO

35 A popularidade da chia (*Salvia hispanica* L.) vem aumentando no mercado nacional e
36 internacional, por ser uma semente rica em ácidos graxos, ômega-3, ômega-6, hidratos de
37 carbono, minerais e ainda pela sua capacidade antioxidante (ALI et al., 2012). Por sua
38 quantidade considerável de fibra, a mesma apresenta características benéficas ao metabolismo
39 humano, apresentando capacidade de reduzir riscos de doenças do trato gastrointestinal,
40 vasculares e redução dos níveis de colesterol no sangue (COATES, 2012).

41 Suas informações estão concentradas em pesquisas ligadas à alimentação e aos
42 benefícios para a saúde humana, e em função disto, o registro de áreas de cultivo vem
43 aumentando, o que representa um futuro promissor à cultura (MIGLIAVACCA et al., 2014).
44 Devido ao aumento de áreas comerciais, é evidente a necessidade de informações a respeito
45 do seu manejo e exigências. O primeiro passo para o sucesso de uma cultura em campo é a
46 utilização de sementes de alta qualidade fisiológica, proporcionando emergência rápida e
47 uniforme e, estabelecimento de plântulas vigorosas.

48 Os testes de vigor identificam os avanços de deterioração em sementes, possibilitando a
49 diferenciação de lotes com taxa germinativa semelhante. Existem vários testes de vigor que
50 podem ser utilizados, porém não existe método padronizado e recomendado para todas as
51 espécies, pois cada uma tem a sua particularidade (MENDONÇA et al., 2008).

52 O teste de condutividade elétrica avalia o processo de deterioração, no qual ocorre a
53 lixiviação dos constituintes celulares, quando sementes de baixo vigor são embebidas em
54 água, devido à perda da integridade física das membranas celulares. Sendo assim, a baixa
55 condutividade elétrica da solução significa alta qualidade da semente (VIEIRA;
56 KRZYZANOWSKI, 1999). É um teste rápido e de alta confiabilidade, que favorece a
57 obtenção de resultado em período de tempo menor, quando comparado a outros testes de
58 vigor, como a emergência. O teste padrão de condutividade elétrica é feito em 24 horas,
59 porém estudos vêm sendo realizados para diminuir esse período.

60 Resultados eficientes para distinção de vigor de lotes de sementes com o teste de
61 condutividade elétrica em tempo reduzido foram obtidos por Vidigal et al. (2008) com
62 sementes de pimenta, utilizando 25 mL / 50 sementes a 25 °C, após uma hora de embebição.
63 Alves e Sá (2009) utilizando sementes de rúcula verificaram que usando 50 mL / 50 sementes
64 a 25 °C foi possível obter resultado eficiente após quatro horas de embebição.

65 Em sementes de gergelim, Kulczynski et al. (2014) verificaram que é possível a
66 separação de lotes a partir de duas horas de embebição em água deionizada quando utilizado

75 mL / 25 sementes a 25 °C. Alves et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes em sementes de berinjela no período de quatro horas de embebição, quando utilizado 50 mL / 25 sementes a 30 °C. Pereira et al. (2008) observaram que em sementes de alfavaca, o teste de condutividade elétrica pode ser reduzido de 24 para 16 horas de embebição.

Assim, objetivou-se estabelecer a adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de chia.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de chia provenientes da safra 2014/2015 de produtores da região de Chapadão do Sul, estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo utilizados cinco lotes de sementes de chia, e os tratamentos constituíram em quantidade de sementes (50 e 100), volume de água destilada (25 e 50 mL), período de embebição (1, 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas) e temperatura (20, 25 e 30 °C), com quatro repetições. A comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, separadamente para cada tratamento, não se constituindo em fatorial.

Para todos os lotes foi determinado o teor de água e a avaliação da qualidade inicial por meio dos testes de germinação, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência.

A determinação do teor de água foi realizada utilizando-se o método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas, com duas repetições contendo aproximadamente 2 g para cada lote (BRASIL, 2009).

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes em caixas gerbox transparente (11,5 x 11,5 x 3,5 cm), contendo uma folha de papel mata-borrão umedecido com água destilada o equivalente de 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, onde foram mantidas em germinador com temperatura constante de 25 ± 2 °C (BRASIL, 2009). Foram realizadas avaliações aos sete dias após a instalação do teste e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas germinadas.

Para o teste de emergência foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células, contendo substrato comercial e acondicionadas em casa de vegetação, sendo realizadas duas regas diárias. A contagem foi realizada aos sete dias e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais

99 emergidas. Juntamente ao teste de emergência foi avaliado o índice de velocidade emergência
100 (MAGUIRE, 1962).

101 Para o teste de condutividade elétrica, os lotes de sementes de chia foram submetidos a
102 variações no volume de água destilada (25 e 50 mL), na quantidade de sementes (50 e 100),
103 na temperatura (20, 25 e 30 °C) e no período de embebição (1, 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas),
104 sendo utilizadas quatro repetições para cada lote. As sementes foram pesadas em balança
105 analítica de precisão com 0,0001 g e, posteriormente, foram colocadas para embeber em água
106 destilada em copos descartáveis de 200 mL, sendo mantidas no germinador pelos períodos de
107 embebição acima descritos, em cada temperatura avaliada. Após cada período de embebição
108 foi realizada a leitura da condutividade elétrica com o auxílio do condutivímetro, e os valores
109 foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente.

110

111 RESULTADOS E DISCUSSÃO

112 O teor de água dos lotes de sementes de chia foi uniforme, no qual a variação entre os
113 lotes foi de, no máximo, um ponto percentual (Tabela 1). Essa variação é aceitável, devido
114 estar abaixo da variação máxima admitida, que é de dois pontos percentuais (MARCOS
115 FILHO, 2015).

116 O teste de germinação (Tabela 1), indicou os lotes 1, 2 e 3 como os de melhor qualidade
117 fisiológica, enquanto os demais apresentaram baixo potencial de desempenho. Os testes de
118 emergência e índice de velocidade de emergência (IVE) destacaram os lotes 2 e 3 como os de
119 maior vigor, e os lotes 1, 4 e 5, como os de menor vigor (Tabela 1).

120

121 **Tabela 1.** Caracterização da qualidade inicial de sementes de chia pelo teor de água,
122 germinação (GERM), emergência de plântulas (EMER) e índice de velocidade de emergência
123 (IVE).

LOTES	TEOR DE ÁGUA (%)	GERM (%)	EMER (%)	IVE -
1	8,22	86 a	51 b	0,61 b
2	9,09	88 a	81 a	1,00 a
3	9,11	87 a	83 a	1,14 a
4	9,22	72 b	56 b	0,82 b
5	9,22	72 b	52 b	0,78 b
F	-	15,90*	23,87*	5,63*
CV%	-	5,04	10,14	19,96

124 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
125 probabilidade.

126 Para um teste de vigor ser considerado eficiente, o mesmo deve apresentar similaridade
127 com os resultados do teste de emergência (MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 2009), este é
128 realizado sob condições ambientais não controladas, simulando o que ocorre no campo e
129 fazendo com que apenas sementes com alta qualidade fisiológica tenham a capacidade de
130 emergir rapidamente, gerando plântulas normais.

131 A análise comparativa dos dados (Tabela 1) indicou que, de modo geral, os testes de
132 qualidade fisiologia inicial foram eficientes na identificação e separação dos lotes com
133 diferenças no potencial fisiológico das sementes. Porém, o período de execução desses testes
134 é elevado, podendo levar até sete dias para obtenção de resultados. Tal fato pode levar ao
135 atraso de tomada de decisão referente ao lote de sementes, ou seja, se o mesmo pode ser
136 utilizado ou descartado. Sendo assim, há necessidade da utilização de testes de vigor para
137 obtenção de resultados em um menor tempo, como por exemplo, o teste de condutividade
138 elétrica.

139 De modo geral, verificou-se que as combinações de número de sementes, períodos de
140 embebição e volumes de água, nas temperaturas de 25 e 30 °C apresentaram semelhança na
141 distinção dos lotes quanto ao potencial fisiológico.

142 Observou-se que a 20 °C não houve a separação dos lotes quando se utilizou 25 mL de
143 água, tanto para 50 quanto para 100 sementes (Tabela 2). A separação dos lotes em duas
144 classes de vigor só foi possível com 50 mL, a partir de duas horas de embebição, utilizando
145 50 sementes e a partir de 12 horas de embebição para 100 sementes. Porém, na temperatura de
146 20 °C, o ranqueamento dos lotes não foi similar ao teste de emergência (Tabela 2), não sendo
147 assim uma temperatura adequada para a condução do teste de condutividade elétrica em
148 sementes de chia. Isso ocorre devido em baixas temperaturas, o processo de reorganização das
149 membranas celulares ser mais lento e o período de liberação de lixiviados pelas sementes ser
150 mais longo (GIVELBERG; HOROWITZ; POLJAKOFF-MAYBER, 1984).

151 **Tabela 2.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 20 °C
 152 utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos
 153 períodos de embebição.

20 °C							
25 mL / 50 sementes							
Períodos de embebição (h)							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	53,42	106,02	142,76	167,41	232,47	257,08	297,57
2	46,83	104,74	158,81	185,91	236,07	271,06	202,04
3	83,72	146,14	165,66	196,06	270,17	327,97	369,98
4	62,85	110,31	149,00	192,43	235,44	286,59	297,93
5	59,33	129,52	180,52	199,89	270,56	317,65	345,15
F	0,53 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,35 ^{ns}
CV%	62,73	22,92	16,49	20,42	15,55	15,59	17,74
25 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	61,52	92,41	180,64	172,03	283,10	328,44	348,85
2	64,68	112,03	159,24	186,84	230,14	277,27	304,83
3	85,20	128,22	182,26	207,46	259,89	295,02	316,07
4	32,63	104,62	170,84	209,04	269,62	300,33	336,30
5	44,67	98,30	167,74	200,24	269,23	319,30	353,96
F	2,44 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2,67 ^{ns}	2,02 ^{ns}
CV%	44,59	32,39	12,61	14,63	9,62	8,15	8,94
50 mL / 50 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	36,52	56,76 a	74,32 a	82,49 a	106,89 a	124,35 a	125,69 a
2	38,00	57,00 a	64,64 a	80,02 a	102,86 a	110,56 a	121,80 a
3	37,73	63,96 a	75,36 a	86,62 a	109,18 a	112,85 a	131,60 a
4	45,09	71,16 b	89,91 b	104,86 b	138,61 b	149,84 b	168,29 b
5	46,73	73,67 b	88,88 b	104,38 b	135,19 b	150,61 b	173,87 b
F	0,75 ^{ns}	3,68*	5,99*	5,65*	8,42*	6,80*	15,92*
CV%	26,65	12,65	11,11	11,06	9,85	11,53	8,62
50 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	40,15	58,22	80,31	92,34	124,54 b	130,61 a	140,71 a
2	35,08	52,50	70,04	83,61	108,86 a	118,59 a	128,34 a
3	39,91	72,14	85,47	93,06	119,69 b	127,17 a	140,42 a
4	34,69	63,46	84,75	96,40	132,90 b	146,31 b	156,10 b
5	34,25	64,79	83,76	93,32	119,96 b	137,08 b	152,26 b
F	0,17 ^{ns}	1,68 ^{ns}	2,73 ^{ns}	1,31 ^{ns}	5,94*	5,47*	6,87*
CV%	38,59	18,25	9,53	9,14	5,90	6,76	5,84

154 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
 155 probabilidade.

156

157 Para combinações nas temperaturas de 25 e 30 °C houve estratificação dos lotes de
 158 maneira semelhante ao teste de emergência (Tabelas 3 e 4).

159 **Tabela 3.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 25 °C
 160 utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos
 161 períodos de embebição.

25 °C							
25 mL / 50 sementes							
Períodos de embebição (h)							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	89,07	125,44	227,35	276,09	337,11 b	357,87 b	390,15 b
2	90,03	121,49	176,06	219,39	289,87 a	305,37 a	325,14 a
3	57,57	107,76	188,49	234,79	284,73 a	304,25 a	322,92 a
4	72,06	120,01	213,93	262,58	353,08 b	427,38 c	420,40 b
5	84,42	144,55	200,91	249,00	325,10 b	357,47 b	377,36 b
F	0,61 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,88 ^{ns}	2,44 ^{ns}	3,44*	7,60*	5,72*
CV%	44,80	22,10	11,86	11,50	10,10	10,45	9,65
25 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	51,43 a	134,98	214,76 b	255,85 b	312,83 a	341,44 a	353,62 a
2	85,07 b	122,22	164,85 a	219,37 a	263,98 a	295,14 a	312,46 a
3	63,16 a	103,90	194,75 a	237,53 a	296,81 a	335,78 a	354,31 a
4	58,94 a	114,24	222,34 b	287,11 b	376,13 b	448,42 c	476,60 b
5	67,24 a	111,40	181,16 a	261,73 b	339,14 b	388,95 b	410,43 b
F	1,13 ^{ns}	0,55 ^{ns}	4,44*	6,78*	8,63*	11,78*	6,60*
CV%	36,29	27,29	10,37	7,78	9,10	9,45	12,97
50 mL / 50 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	33,29	74,79	99,65	120,48	145,46 b	166,09 b	162,12 b
2	22,83	69,00	76,68	92,01	107,35 a	111,13 a	126,46 a
3	31,10	65,60	92,41	104,09	134,91 b	146,43 b	158,11 b
4	29,08	72,71	98,20	116,32	156,35 b	174,58 b	181,75 b
5	34,06	74,92	97,24	119,68	157,27 b	183,48 b	187,30 b
F	0,79 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,22 ^{ns}	2,46 ^{ns}	3,79*	3,68*	3,36*
CV%	41,89	18,76	18,40	14,15	15,04	19,16	16,04
50 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	33,62	77,66	100,78 b	117,48 b	142,62 a	153,17 a	153,20 a
2	26,18	59,78	80,67 a	95,47 a	114,42 a	125,80 a	140,64 a
3	30,94	78,89	92,25 a	115,52 b	140,21 a	150,06 a	157,79 a
4	27,69	79,02	110,51 b	130,25 b	169,75 b	207,51 b	201,53 b
5	41,51	87,38	115,05 b	135,01 b	176,77 b	209,65 b	205,89 b
F	1,41 ^{ns}	2,65 ^{ns}	4,19*	5,30*	7,16*	6,02*	5,12*
CV%	31,85	16,29	13,58	11,28	12,60	18,03	15,34

162 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
 163 probabilidade.

164

165 Na temperatura de 25 °C, quando utilizado o volume de 25 mL de água e 50 sementes
 166 (Tabela 3), foi possível obtenção da ordenação dos lotes similar ao teste de emergência de

167 plântulas nos períodos de 12 e 24 horas. Utilizando o mesmo volume de água e 100 sementes,
168 a ordenação dos lotes foi no período de seis horas. Já utilizando a combinação de 50 mL / 100
169 sementes, a classificação dos lotes similar ao teste de emergência de plântulas foi possível no
170 período de quatro horas.

171 A maioria dos trabalhos de temperatura na embebição do teste de condutividade elétrica
172 recomendam 25 °C, pois além de ser a mais usual nas condições ambientais internas dos
173 laboratórios de análise de sementes, tem sido adequada para avaliar a qualidade fisiológica de
174 sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Trabalhos com sementes de aveia preta
175 (MENEZES et al., 2007), rúcula (TORRES; PEREIRA, 2010) e azevém (LOPES; FRANKE,
176 2010) observaram que a temperatura de 25 °C foi a mais adequada para execução desse teste.
177 No presente estudo, verificou-se que a temperatura de 25 °C, também, foi adequada para a
178 condução do teste, utilizando a combinação 50 mL / 100 sementes pelo período de quatro
179 horas de embebição.

180 Os maiores valores de condutividade elétrica foram observados a 30 °C, verificando-se
181 que o aumento dos valores foi proporcional ao aumento da temperatura avaliada. Isso ocorreu
182 devido que o aumento da temperatura de 20 para 25 ou 30 °C, que proporcionou incremento
183 na lixiviação dos exsudatos. Este fato se deve aos possíveis danos às membranas celulares,
184 aumentando a energia de ativação das moléculas, alterando a viscosidade da água e,
185 consequentemente, aumentando os valores de condutividade elétrica (VIEIRA, 1994).
186 Trabalhos realizados com sementes de rúcula (ALVES; SÁ, 2009) e gergelim (TORRES et
187 al., 2009), também, obtiveram incremento nos valores de condutividade elétrica com o
188 aumento da temperatura e período de embebição.

189 Quando utilizado a combinação de 50 mL / 100 sementes na temperatura de 30 °C
190 (Tabela 4), foi possível observar a ordenação dos lotes similar ao teste de emergência de
191 plântulas nos períodos de embebição de quatro, 12 e 18 horas, evidenciando que é possível a
192 redução da execução do teste de condutividade elétrica para sementes de chia, favorecendo a
193 rapidez na obtenção de resultados.

194 Sementes embebidas em 25 mL de água apresentaram os maiores valores de
195 condutividade elétrica comparadas com 50 mL, independente da temperatura, quantidade de
196 sementes e período de embebição. Isso se deve ao aumento da concentração de lixiviados na
197 solução em função da redução do volume da água. Nos resultados obtidos, algumas
198 combinações utilizando os volumes de 25 e 50 mL, proporcionaram ranqueamento dos lotes
199 semelhantes ao teste de emergência (Tabelas 3 e 4); e com 50 mL foi possível a redução da
200 leitura para quatro horas (Tabelas 3 e 4).

201 **Tabela 4.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de chia na temperatura de 30 °C
 202 utilizando as combinações de 25 e 50 mL de água com 50 e 100 sementes, em diversos
 203 períodos de embebição.

30 °C							
25 mL / 50 sementes							
Períodos de embebição (h)							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	114,11	150,43	220,66	264,47	333,05	354,13	398,72 a
2	111,82	130,99	200,30	227,37	277,05	312,01	354,48 a
3	143,76	123,66	161,80	233,42	297,14	334,57	371,70 a
4	129,56	159,70	211,15	292,90	378,66	397,23	452,81 b
5	116,37	138,24	202,11	258,32	378,20	408,01	520,04b
F	0,43 ^{ns}	0,92 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,50 ^{ns}
CV%	33,16	21,33	15,85	20,73	24,74	22,36	20,30
25 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	122,59 b	165,84	230,77 b	289,52	328,78 a	412,12 a	449,69 a
2	113,10 b	107,29	177,08 a	238,72	288,65 a	346,42 a	384,95 a
3	149,47 b	127,00	213,35 b	249,75	343,01 a	398,10 a	439,56 a
4	134,37 b	164,37	220,09 b	254,26	446,12 b	485,53 b	530,35 b
5	71,46 a	132,74	248,33 b	243,49	438,84 b	469,59 b	537,15 b
F	4,42*	1,33 ^{ns}	6,34*	1,30 ^{ns}	13,49*	7,65*	6,31*
CV%	23,71	31,46	9,62	13,82	10,32	9,64	10,99
50 mL / 50 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	90,95	115,95	144,86	157,12	190,16 a	211,01	227,54
2	87,31	107,42	131,23	142,98	170,95 a	190,67	202,75
3	64,78	100,09	136,11	144,54	187,45 a	179,72	203,34
4	84,06	116,87	175,07	189,70	273,45 b	280,55	313,51
5	82,34	113,21	148,79	176,10	238,51 b	246,30	269,53
F	2,11 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,96 ^{ns}	4,55*	2,87 ^{ns}	2,81 ^{ns}
CV%	16,97	19,08	16,52	17,93	18,81	22,13	23,39
50 mL / 100 sementes							
Lotes	1	2	4	6	12	18	24
1	78,00 b	102,62	133,42 b	153,94 c	188,84 b	207,31 b	211,42 a
2	66,72 b	84,02	104,78 a	114,37 a	142,83 a	158,09 a	165,75 a
3	48,43 a	90,72	113,54 a	136,80 b	167,37 a	179,32 a	194,36 a
4	68,06 b	94,16	141,45 b	162,28 c	222,47 b	209,60 b	247,03 b
5	59,63 a	101,64	132,33 b	157,32 c	218,56 b	226,30 b	253,08 b
F	6,61*	1,62 ^{ns}	7,04*	7,64*	9,96*	5,28*	6,08*
CV%	13,30	12,88	9,21	9,78	11,42	12,04	13,83

204 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
 205 probabilidade.

206 Com o avanço do período de embebição houve aumento progressivo das leituras de
 207 condutividade. Nas temperaturas de 25 e 30 °C, utilizando 50 mL / 100 sementes, foi possível

208 constatar ordenações de lotes similares a emergência a partir do período de quatro horas de
209 embebição, reduzindo o período de execução do teste de condutividade.

210 Mantendo-se constante a temperatura, volume de água e período de embebição, o
211 aumento da quantidade de sementes proporcionou pequeno incremento de lixiviados na
212 maioria das combinações (Tabelas 2, 3 e 4). Tanto para 50 como 100 sementes houve
213 consistência nos resultados para diferenciação de lotes similares à emergência; porém com
214 100 sementes, o ranqueamento foi possível com quatro horas de embebição (Tabela 3 e 4).

215 Os resultados obtidos pelo teste de condutividade elétrica a 25 °C (Tabela 3) utilizando
216 as combinações de 25 mL / 50 sementes por 12 e 24 horas; 25 mL / 100 sementes por seis
217 horas e 50 mL / 100 sementes por quatro horas, foram eficientes para o ranqueamento dos
218 lotes semelhantes à emergência. À 30 °C (Tabela 4), a combinação de 50 mL / 100 sementes
219 também, foi eficiente por quatro, 12 e 18 horas de embebição, gerando resultados que
220 corroboram com a emergência. Assim para melhor facilidade e rapidez na obtenção dos
221 resultados, o período de embebição de quatro horas é mais eficiente para separação dos lotes
222 de sementes de chia.

223 O teste de condutividade elétrica é eficiente para avaliação da qualidade fisiológica de
224 sementes de chia, apresentando vantagem quando comparado à emergência de plântulas,
225 devido a facilidade de execução e rapidez na obtenção dos resultados.

226

227 CONCLUSÃO

228 O teste de condutividade elétrica em sementes de chia deve ser realizado com 100
229 sementes em 50 mL de água destilada, pelo período de quatro horas de embebição, a 25 ou 30
230 °C.

231

232

233 REFERÊNCIAS

234

235 ALI, N. M. A. et al. The promising future of Chia, *Salvia Hispanica*. **Journal of Biomedicine**
236 **and Biotechnology**, Cairo, v. 2012, n. 1, p. 1-9, 2012.

237 ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes
238 de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 203-215, 2009.

- 239 ALVES, C. Z. et al. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de
240 sementes de berinjela. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 975-980, 2012.
- 241 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa
242 Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- 243 COATES, W. **Chia**: the complete guide to the ultimate superfood. New York: Sterling
244 Publishing Eds., 192p. 2012.
- 245 GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from
246 *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **Journal of**
247 **Experimental Botany**, Reino Unido, v. 35, n. 161, p. 1754-1763, 1984.
- 248 KULCZYNSKI, S. M. et al. Teste de Condutividade Elétrica para Avaliação da Qualidade
249 Fisiológica de Sementes de Gergelim (*Sesamun indicum* L.). **Revista Agrarian**, Dourados, v.
250 7, n. 23, p. 72-81, 2014.
- 251 LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade
252 fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**,
253 Londrina, v. 32, n. 1, p. 123-130, 2010.
- 254 MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence
255 and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-7. 1962.
- 256 MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR:
257 ABRATES, 2015. 660p.
- 258 MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de
259 sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de**
260 **hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 185-246.
- 261 MENDONÇA, E. A. F. et al. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista**
262 **Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 1-9, 2008.
- 263 MENEZES, N. L. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista**
264 **Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 138-142, 2007.
- 265 MIGLIAVACCA, R. A. et al. O cultivo da chia no brasil: futuro e perspectivas. **Journal of**
266 **Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 161-179, 2014.

- 267 PEREIRA, B. W. F. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de alfavaca.
268 **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 2021-2025, 2008.
- 269 TORRES, S. B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. **Revista**
270 **Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 70-77, 2009.
- 271 TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Condutividade elétrica em sementes de rúcula. **Revista**
272 **Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 58-70, 2010.
- 273 VIDIGAL, D. S. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de pimenta. **Revista**
274 **Brasileira e Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2008.
- 275 VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.
276 (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-32.
- 277 VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In:
278 KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes:**
279 **conceitos e testes**. Londrina. ABRATES, 1999. cap. 4, p. 1-26.

1 **CAPÍTULO 2 – ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAR A**
2 **QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA.**

3
4 **RESUMO** - Objetivou-se estabelecer a adequação da metodologia do teste de envelhecimento
5 acelerado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de chia. Utilizou-se cinco lotes de
6 sementes, nos quais foram realizados os testes de germinação, emergência de plântulas, índice
7 de velocidade de emergência e variações no teste de envelhecimento acelerado no método
8 tradicional e solução saturada de NaCl. Pelos dois métodos foi possível estratificar os lotes
9 quanto ao vigor em todas as variações testadas, porém a classificação semelhante à
10 emergência pelo método tradicional foi possível a 44 °C por 24 horas; e utilizando solução
11 saturada de NaCl, a 38 °C por 48 horas, 41 °C por 24 horas e 44 °C por 72 horas. O teste de
12 envelhecimento acelerado é eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de
13 chia, e devido à maior rapidez para obtenção dos resultados, conclui-se que esse teste deve ser
14 realizado pelo método tradicional a 44 °C por 24 horas ou utilizando solução saturada de
15 NaCl a 41 °C por 24 horas.

16
17 **Palavras-chave:** *Salvia hispanica*. Vigor. Solução saturada de NaCl.

18
19 **CHAPTER 2 – AGING ACCELERATED TO ASSESS CHIA SEED**
20 **PHYSIOLOGICAL QUALITY**

21
22 **ABSTRACT** - The objective was to establish the adequacy of the methodology of the
23 accelerated aging test to evaluate the physiological quality of chia seeds. Five seed lots were
24 used, in which germination, seedling emergence, emergence speed index and accelerated
25 aging tests were performed in the traditional method and saturated NaCl solution. By both
26 methods it was possible to stratify the batches for vigor in all the variations tested, but the
27 classification similar to the emergency by the traditional method was possible at 44 °C for 24
28 hours; and using saturated NaCl solution at 38 °C for 48 hours, 41 °C for 24 hours and 44 °C
29 for 72 hours. The accelerated aging test is efficient in evaluating the physiological quality of
30 chia seeds, and due to the faster results, it is concluded that this test should be performed by
31 traditional method at 44 °C for 24 hours or using saturated solution of NaCl at 41 °C for 24
32 hours.

33
34 **Keywords:** *Salvia hispanica*. Vigor. Saturated solution of NaCl.

35 INTRODUÇÃO

36 *Salvia hispanica* L., popularmente conhecida como chia, é uma semente rica em
37 compostos benéficos para a saúde humana, e suas informações estão concentradas em
38 pesquisas ligadas a alimentação (MIGLIAVACCA et al., 2014). No tocante agrônomo,
39 pouco se conhece a respeito dessa cultura e, devido ao aumento de áreas comerciais, há
40 necessidade de informações a respeito da mesma.

41 O uso de sementes de alta qualidade é essencial para o desempenho das culturas no
42 campo e o teste de germinação é utilizado para avaliar o potencial germinativo das sementes.
43 No entanto, não é recomendada a utilização de apenas esse teste, devido o mesmo ser
44 conduzido sob condições controladas, fazendo com que as sementes expressem seu máximo
45 potencial, superestimando os dados. Assim, a utilização de testes de vigor é interessante, pois
46 diferenciam lotes quanto ao potencial fisiológico, principalmente, quando possuem taxa
47 germinativa semelhante.

48 Dentre os diversos testes de vigor conhecidos, o de envelhecimento acelerado é muito
49 usual e recomendado para avaliação do vigor das sementes de várias espécies cultivadas,
50 sendo capaz de proporcionar informações com elevado grau de confiabilidade (HAMPTON;
51 TEKRONY, 1995). Esse teste avalia a germinação das sementes após terem sido submetidas
52 ao estresse devido a elevação de temperatura e umidade relativa do ar, por um determinado
53 período de tempo (ROSSETO; MARCOS FILHO, 1995), aumentando consideravelmente a
54 taxa de deterioração (NAKAGAWA, 1999). Lotes com alto vigor deterioram mais lentamente
55 e lotes com baixo vigor apresentam maior queda na viabilidade depois de expostas a situações
56 como essas. Esse teste se relaciona ao potencial de conservação das sementes, por isso é
57 considerado como um dos mais sensíveis para avaliação do vigor (MARCOS FILHO, 1999a).

58 Utilizando a metodologia tradicional, no qual a umidade relativa do ambiente chega a
59 100%, Barbosa, Costa e Sá (2011) conseguiram obter resultados satisfatórios para o teste de
60 envelhecimento acelerado em sementes de alface, utilizando a combinação de 41 °C por 72
61 horas. Souza, Nakagawa e Machado (2009) também observaram resultados positivos desse
62 teste em sementes de aveia preta, utilizado 40 °C por 24 horas de exposição das sementes.

63 No teste de envelhecimento acelerado, pode ocorrer variações acentuadas no teor de
64 água das sementes quando expostas a atmosfera úmida, principalmente quando se trabalha
65 com sementes pequenas, pois as mesmas absorvem água mais rapidamente e de maneira
66 desuniforme (MARCOS FILHO, 1999b). Nesse sentido, vêm sendo estudadas alternativas
67 para a condução do teste, como por exemplo a substituição da água por soluções salinas, a fim

68 de obter umidade relativa que permita reduzir a taxa de absorção de água, a velocidade e
69 intensidade de deterioração das sementes, sem reduzir a sensibilidade do teste (JIANHUA;
70 MCDONALD 1996).

71 A solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) reduz a umidade relativa do ambiente
72 para 76% e demonstra eficiência no controle da absorção de água pelas sementes e na
73 avaliação do vigor (JIANHUA; MCDONALD, 1996). Alves e Sá (2012) verificaram
74 benefícios da solução saturada em comparação ao procedimento tradicional em sementes de
75 rúcula a 41 °C por 72 e 96 horas de período de exposição. Resultados semelhantes foram
76 encontrados por Lopes, Franke e Nunes (2009) e Radke et al. (2016), em sementes de azevém
77 e coentro, respectivamente, a 41 °C por 24 horas de exposição.

78 Dessa forma, objetivou-se estudar variações na temperatura e períodos de exposição
79 para adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado na avaliação da
80 qualidade fisiológica de sementes de chia.

81

82 MATERIAL E MÉTODOS

83 O experimento foi realizado com sementes de chia adquiridas de produtores da região
84 de Chapadão do Sul, estado de Mato grosso do Sul (MS), Brasil, na safra 2014/2015. O
85 delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo utilizados cinco lotes de
86 sementes de chia, e os tratamentos constituíram em períodos de envelhecimento (24, 48, 72 e
87 96 horas) e temperatura (38, 41 e 44 °C), com quatro repetições. A comparação das médias
88 foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, separadamente para cada tratamento,
89 não se constituindo em fatorial.

90 Para todos os lotes foi determinado o teor de água inicial e, posteriormente, foram
91 submetidos a avaliação de qualidade inicial por meio dos testes de germinação, emergência de
92 plântulas e índice de velocidade de emergência.

93 A determinação do teor de água foi realizada utilizando-se o método da estufa a 105 °C
94 durante 24 horas, com duas repetições contendo aproximadamente 2 g de sementes para cada
95 lote (BRASIL, 2009).

96 O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes em caixas
97 gerbox transparente, contendo uma folha de papel mata-borrão umedecido com água destilada
98 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, onde foram mantidas em germinador com
99 temperatura constante de 25 °C (BRASIL, 2009) e a avaliação foi realizada no sétimo dia
100 após a instalação do teste.

101 Para o teste de emergência foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas
102 em bandejas de poliestireno expandido contendo 200 células, preenchidas com substrato
103 comercial e acondicionadas em casa de vegetação, sendo realizadas duas regas diárias. A
104 contagem foi realizada diariamente, durante o período de sete dias, e os resultados foram
105 expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas. Juntamente ao teste de
106 emergência foi avaliado o índice de velocidade emergência (MAGUIRE, 1962).

107 O teste de envelhecimento acelerado, no procedimento tradicional, conhecido como
108 método do gerbox, foi conduzido utilizando-se caixas plásticas transparentes (11,5 x 11,5 x
109 3,5 cm) com compartimentos individuais (mini-câmaras), possuindo em seu interior suportes
110 para apoio de tela metálica. Como a semente de chia é pequena, foi utilizado por cima da tela
111 um pedaço de tule. Na superfície de cada uma dessas, foram distribuídas em camada única,
112 aproximadamente 4,0 g de sementes para cada lote.

113 Para o controle da umidade relativa do ar no interior das caixas, foram colocados 40 mL
114 de água destilada. Posteriormente, as caixas foram tampadas e mantidas em *Biochemical*
115 *Oxygen Demand* (B.O.D.) durante os períodos de envelhecimento de 24, 48, 72 e 96 horas,
116 sendo utilizadas três temperaturas 38, 41 e 44 °C. Após cada período de envelhecimento, as
117 sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo a avaliação realizada aos quatro
118 dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas
119 normais. Também, foi determinado o teor de água das sementes após cada período de
120 envelhecimento, visando à avaliação da uniformidade das condições do teste.

121 Já o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl foi conduzido da
122 mesma maneira que o procedimento tradicional, porém foi adicionado ao fundo da caixa
123 plástica, 40 mL de solução saturada de NaCl em substituição à água. Essa solução foi obtida
124 através da mistura de 40 g de NaCl em 100 mL de água destilada, estabelecendo com isso, um
125 ambiente com 76% de umidade relativa do ar (JIANHUA; MCDONALD, 1996).

126

127 **RESULTADO E DISCUSSÃO**

128 O teor de água inicial dos lotes de sementes de chia variou de 8,2 a 9,2% (Tabela 1),
129 cuja diferença é aceitável, segundo Marcos Filho (2015). Este fato é importante na execução
130 dos testes e é imprescindível que haja uniformidade no teor de água entre os lotes de
131 sementes, favorecendo a obtenção de resultados consistentes. Esses dados não foram
132 analisados estatisticamente, sendo apenas para caracterização inicial e acompanhamento dos
133 lotes após a realização do teste de envelhecimento acelerado.

134 **Tabela 1.** Teor de água (%) inicial e após os períodos de envelhecimento acelerado
 135 tradicional e com solução saturada de NaCl, em cinco lotes de sementes de chia.

38 °C									
Lotes	Teor de água inicial	-----Tradicional-----				--Solução Saturada de NaCl--			
		24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
1	8,22	22,01	22,24	24,38	24,63	9,15	9,37	9,34	9,46
2	9,09	22,66	23,28	24,48	26,83	9,45	9,35	9,35	9,37
3	9,11	23,96	24,13	22,75	25,92	9,45	9,45	9,37	9,57
4	9,22	23,40	23,49	22,78	24,24	9,55	9,55	9,62	9,60
5	9,22	24,06	24,81	23,53	25,37	9,49	9,39	9,33	9,51
41 °C									
Lotes	Teor de água inicial	-----Tradicional-----				--Solução Saturada de NaCl--			
		24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
1	8,22	22,22	24,60	25,47	23,69	9,92	9,26	9,36	9,69
2	9,09	24,26	22,81	23,82	23,77	9,94	9,87	9,51	9,38
3	9,11	19,68	22,68	24,08	23,04	10,64	7,98	9,33	9,34
4	9,22	24,09	23,65	24,95	25,07	10,55	9,83	9,74	9,71
5	9,22	23,89	25,04	24,78	24,55	10,24	9,69	9,68	9,38
44 °C									
Lotes	Teor de água inicial	-----Tradicional-----				--Solução Saturada de NaCl--			
		24h	48h	72h	96h	24h	48h	72h	96h
1	8,22	20,46	23,44	23,29	22,80	9,26	8,89	8,95	9,21
2	9,09	21,31	16,02	22,89	22,59	9,18	8,87	9,00	9,05
3	9,11	21,47	24,33	24,49	24,58	9,26	9,06	9,11	9,35
4	9,22	22,34	26,54	24,07	24,46	9,28	8,99	9,01	9,33
5	9,22	21,95	24,88	26,40	28,03	9,26	9,07	9,15	9,27

136

137 Independente da temperatura e do período de exposição, o emprego da solução saturada
 138 de NaCl resultou em teor de água inferior e mais uniforme que os observados para sementes
 139 envelhecidas pelo procedimento tradicional (Tabela 1), indicando que a velocidade de
 140 absorção de água foi reduzida durante os períodos de envelhecimento. Possivelmente, esse
 141 método promove efeitos menos drásticos às sementes, pois ao atingir menor teor de água, o
 142 grau de deterioração das sementes é menor em relação ao observado, normalmente, com o uso
 143 do método tradicional.

144 O teor de água entre os lotes variou até 10,5% no procedimento tradicional, dependendo
 145 da combinação temperatura/período de exposição (Tabela 1). Já utilizando solução saturada
 146 de NaCl, a máxima variação do teor de água entre os lotes foi de 1,89%, estando dentro do
 147 limite considerado tolerado, ou seja, até 2% (MARCOS FILHO, 2015). A combinação de 44
 148 °C por 24 horas com solução saturada de NaCl, proporcionou maior redução na velocidade de
 149 embebição e uniformidade no processo de absorção de água pelas sementes (Tabela 1).

150 A utilização da solução saturada de NaCl contribuiu, também, para redução de
 151 incidência de fungos durante a condução do teste. Isso ocorreu, provavelmente, em função da
 152 restrição da umidade relativa do ambiente no interior das caixas plásticas, tornado o ambiente
 153 desfavorável para proliferação desses microrganismos. Constatações semelhantes foram
 154 observadas por Souza, Nakagawa e Machado (2009) em sementes de aveia preta e Tunes et al.
 155 (2011) e Radke et al. (2016) em sementes de coentro.

156 No teste de germinação (Tabela 2), os lotes 1, 2 e 3 apresentaram maior potencial de
 157 germinação. Os testes de emergência e índice de velocidade de emergência (IVE) destacaram
 158 os lotes 2 e 3 como os mais vigorosos e os lotes 1, 4 e 5 como menos vigorosos (Tabela 2).

159

160 **Tabela 2.** Caracterização da qualidade inicial de sementes de chia pelos testes de germinação
 161 (GERM), emergência de plântulas (EMER) e índice de velocidade de emergência (IVE).

LOTES	GERM (%)	EMER (%)	IVE -
1	86 a	51 b	0,61 b
2	88 a	81 a	1,00 a
3	87 a	83 a	1,14 a
4	72 b	56 b	0,82 b
5	72 b	52 b	0,78 b
F	15,90*	23,87*	5,63*
CV%	5,04	10,14	19,96

162 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
 163 probabilidade.

164

165 Os testes de emergência e índice de velocidade de emergência (Tabela 2) foram
 166 eficientes na identificação e separação dos lotes quanto ao potencial fisiológico. No entanto, o
 167 período de execução desses testes é elevado (sete dias), podendo atrasar a tomada de decisão a
 168 respeito do destino do lote. Assim, a busca por outros testes de vigor se faz necessária. Esses
 169 testes devem apresentar similaridade ao teste de emergência (MARCOS FILHO;

170 NOVENBRE, 2009), no qual sementes vigorosas expressam seu máximo potencial
171 fisiológico para estabelecimento da cultura sob condições adversas.

172 No teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional (Tabela 3), verificou-se
173 que em todas as temperaturas e períodos de exposição houve diferenciação de lotes quanto ao
174 vigor; porém somente na temperatura de 44 °C por 24 horas foi possível a classificação
175 similar ao teste de emergência (Tabela 2). À medida que se aumentou o período de exposição
176 das sementes e a temperatura, a germinação diminuiu (Tabela 3).

177

178 **Tabela 3.** Porcentagem de germinação após o teste de envelhecimento acelerado pelo
179 procedimento tradicional, em cinco lotes de sementes de chia.

38 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	69 b	78 b	64 a	70 a	
2	86 a	88 a	57 b	66 a	
3	83 a	76 b	41 c	56 b	
4	77 a	69 c	42 c	33 c	
5	62 b	67 c	17 d	12 d	
F	10,23*	9,18*	55,63*	65,93*	
CV%	8,15	7,21	11,00	12,58	
41 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	75 a	76 a	72 a	53 a	
2	88 a	80 a	70 a	38 b	
3	77 a	75 a	65 a	36 b	
4	78 a	63 b	53 b	22 c	
5	65 b	50 c	29 c	12 c	
F	5,47*	10,46*	29,99*	16,23*	
CV%	8,92	10,92	11,08	24,06	
44 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	70 b	52 b	47 a	18 b	
2	80 a	74 a	51 a	42 a	
3	76 a	59 b	48 a	17 b	
4	71 b	52 b	44 a	6 c	
5	65 b	63 b	12 b	2 c	
F	8,56*	4,28*	7,50*	21,37*	
CV%	3,70	14,66	29,12	39,29	

180 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
181 probabilidade.

182

183 No período de 96 horas a 44 °C houve redução drástica na germinação (Tabela 3). Isso
184 provavelmente ocorreu devido à intensificação do processo de deterioração, diminuindo a
185 viabilidade das sementes, principalmente, nos lotes que possuem alto teor de água quando

186 submetidos a longos períodos de exposição à altas temperaturas. Este fato também foi
187 verificado em sementes de salsa (TUNES et al., 2013), brócolis (TUNES et al., 2012) e
188 coentro (TUNES et al., 2011). A deterioração de sementes pode causar desnaturação de
189 proteínas, queda na quantidade de carboidratos, aumento de ácidos graxos livres e açúcares
190 redutores, síntese de RNA em função da perda da integridade dos sistemas de membranas
191 (peroxidação de lipídios), etc. Tais manifestações metabólicas e/ou bioquímicas ocorrem
192 durante as atividades preparatórias para a germinação, diminuindo a viabilidade das sementes
193 (MARCOS FILHO, 2015), podendo explicar a queda na germinação das sementes de chia no
194 período de 96 horas a 44 °C.

195 No teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (Tabela 4),
196 observou-se, também, diferenciação dos lotes quanto ao vigor em todas as temperaturas e
197 períodos de exposição. No entanto, a mesma classificação de lotes da emergência foi obtida a
198 38 °C por 48 horas, 41 °C por 24 horas e 44 °C por 72 horas. Considerando que a rapidez na
199 obtenção de resultados é uma das premissas dos testes de vigor, é mais adequado utilizar 24
200 horas de exposição das sementes, tanto para a metodologia tradicional como para solução
201 saturada de NaCl. Alguns trabalhos, também, conseguiram redução no período de execução
202 do teste de envelhecimento acelerado, como por exemplo, em sementes de azevém (LOPES;
203 FRANKE; NUNES, 2009), jiló (ALVES et al., 2012), alface (BARBOSA; COSTA; SÁ,
204 2011) e coentro (RADKE et al., 2016).

205 **Tabela 4.** Porcentagem de germinação após o teste de envelhecimento acelerado pelo método
 206 de solução saturada de NaCl, em cinco lotes de sementes de chia.

38 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	79 a	71 b	81 a	79 a	
2	82 a	85 a	89 a	88 a	
3	79 a	80 a	83 a	77 a	
4	76 a	75 b	77 b	76 a	
5	68 b	65 b	70 b	64 b	
F	3,66*	6,45*	5,54*	5,26*	
CV%	7,00	8,27	7,32	9,91	
41 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	75 b	68 b	79 a	79 b	
2	91 a	86 a	85 a	92 a	
3	84 a	76 b	76 a	81 b	
4	77 b	73 b	68 b	73 c	
5	75 b	69 b	71 b	61 d	
F	4,84*	6,25*	4,59*	29,88*	
CV%	8,80	7,63	8,13	5,46	
44 °C					
Lotes	24 h	48 h	72 h	96 h	
1	75 b	78 b	73 b	76 b	
2	91 a	91 a	90 a	87 a	
3	84 a	77 b	81 a	83 b	
4	74 b	77 b	77 b	67 c	
5	60 c	67 c	66 b	67 d	
F	16,44*	11,22*	5,28*	8,81*	
CV%	7,20	6,41	9,93	8,12	

207 *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de
 208 probabilidade.

209

210 A germinação não foi drasticamente reduzida com o uso de solução saturada de NaCl,
 211 mantendo valores elevados (Tabela 4). Este fato provavelmente se deve ao baixo teor de água
 212 adquirido pelas sementes após o envelhecimento (Tabela 1). O mesmo foi observado por
 213 Souza, Nakagawa e Machado (2009) em sementes de aveia preta, Tunes et al. (2011) em
 214 sementes de coentro e Tunes et al. (2012) em sementes de brócolis.

215 O teste de envelhecimento acelerado no procedimento tradicional a 44 °C / 24h e com
 216 solução salina a 41 °C / 24h proporcionaram a mesma classificação de lotes da emergência,
 217 além do teor de água após o envelhecimento variar cerca de 2% entre os lotes, fato que deve
 218 ser levado em consideração para a confiabilidade dos resultados (Marcos Filho, 2015).

219 Portanto, o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para avaliar a qualidade
220 fisiológica de sementes de chia, reduzindo o tempo de obtenção de resultados, quando
221 comparado ao teste de emergência.

222

223 **CONCLUSÃO**

224 O teste de envelhecimento acelerado em sementes de chia deve ser realizado a 44 °C
225 por 24 horas pelo método tradicional ou 41 °C por 24 horas utilizando solução saturada de
226 NaCl.

227

228

229 **REFERÊNCIAS**

230

231 ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado
232 em sementes de rúcula. **Ciência Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2789-2798,
233 2012.

234 ALVES, C. Z. et al. Qualidade fisiológica de sementes de jiló pelo teste de envelhecimento
235 acelerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 58-63, 2012.

236 BARBOSA, R. M.; COSTA, D. S.; SÁ, M. E. Envelhecimento acelerado em sementes de
237 Alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1899-1902, 2011.

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

240 HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 3. ed. Zurich:
241 ISTA. 117 p. 1995.

242 JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded
243 crops. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.

244 LOPES, R. R.; FRANKE, L. B.; NUNES, F. S. Metodologia alternativa do teste de
245 envelhecimento acelerado para sementes de azevém. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2,
246 p. 089-094, 2009.

- 247 MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence
248 and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-7. 1962.
- 249 MARCOS FILHO, J. Testes de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al.
250 (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999a. p. 3.1-3.21.
- 251 MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR:
252 ABRATES, 2015. 660p.
- 253 MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.;
254 VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**.
255 Londrina: ABRATES, 1999b. p. 1-24.
- 256 MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de
257 sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de**
258 **hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 185-246.
- 259 MIGLIAVACCA, R. A. et al. O cultivo da chia no brasil: futuro e perspectivas. **Journal of**
260 **Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 161-179, 2014.
- 261 NAKAGAWA, J. 1999. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In:
262 KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina:
263 ABRATES. p. 2.1-2.21.
- 264 RADKE, A. K. et al. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em
265 sementes de coentro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 1, p. 95-99, 2016.
- 266 ROSSETTO, C.A.V.; MARCOS FILHO, J. 1995. Comparação entre os métodos de
267 envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica
268 de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 123-131.
- 269 SOUZA, S. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Teste de envelhecimento acelerado em
270 sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 144-163,
271 2009.
- 272 TUNES, L. M. et al. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro
273 (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de**
274 **Biociências, Porto Alegre**, v. 9, n. 1, p. 12-17, 2011.

- 275 TUNES, L. M. et al. Envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea*
276 L. var. *italica* Plenck). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 173-179, 2012.
- 277 TUNES L. M. et al. Accelerated aging to assess parsley seed vigor. **Horticultura Brasileira**,
278 Brasília, v. 31, n. 3, p. 457–460, 2013.