# UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CAMPUS CASCAVEL PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



JOSELI VIVIANE DITZEL NUNES

CASCAVEL

#### **JOSELI VIVIANE DITZEL NUNES**

## ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA (Salvia hispanica L.)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dra. Lúcia Helena Pereira Nóbrega

CASCAVEL – PARANÁ – BRASIL MARÇO – 2017

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

#### N925a

Nunes, Joseli Viviane Ditzel

Adequação de metodologias para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de chia (*Salvia hispânica* L.) / Joseli Viviane Ditzel Nunes. -- Cascavel, 2017.

95 f.

Orientadora: Profª. Drª. Lúcia Helena Pereira Nóbrega

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2017

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

1. Sementes - Chia. 2. Sementes - Qualidade. I. Nóbrega, Lúcia Helena Pereira. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 20.ed. 631.521 CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio - CRB 9ª/965

Revisor de Normas, Língua Portuguesa e Língua Inglesa: Professor Ms. José Carlos da Costa, em 13 de julho de 2017.

### **JOSELI VIVIANE DITZEL NUNES**

Adequação de metodologias para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de chia (Salvia hipanica L.)"

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

	) , ,	N	) -	1.	*
	mu	Perun	hun	les	
Orien	tador(a)	- Lúcia ŀ	lelena P	ereira	Nóbrega

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Dirceu de Melo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fábio Palczewski Pacheco

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

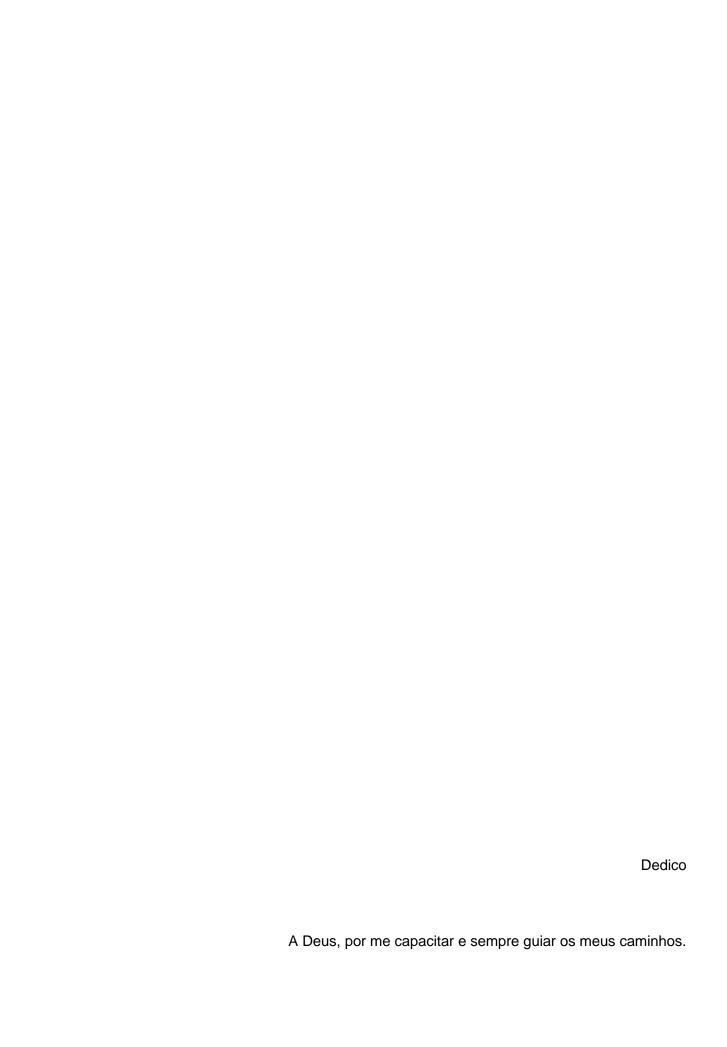
Cascavel, 20 de março de 2017

#### **BIOGRAFIA**

Joseli Viviane Ditzel Nunes nasceu na cidade de Ponta Grossa – PR, em 3 de dezembro de 1975. Em 2006 iniciou o curso de graduação em Agronomia na Faculdade Assis Gurgacz - FAG, Cascavel – PR, concluído em 2009. Em 2010 iniciou a Especialização em Docência do Ensino Superior na União Dinâmica de Faculdades Cataratas - UDC, concluída em novembro de 2011. Ainda em 2011 iniciou o curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola - Área de Engenharia de Sistemas Agroindustriais pela Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, concluindo em fevereiro de 2013. Neste mesmo ano, iniciou o curso de doutorado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola - Área de Engenharia de Sistemas Agroindustriais pela Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Confie no Senhor de todo o teu coração e não se apoie em seu próprio entendimento; reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e Ele endireitará as suas veredas.

Provérbios 3:5-6.



#### **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me abençoado todos os dias, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais, João e Lenita, pelo seu apoio incondicional, incentivo, paciência e ajuda na superação dos obstáculos que surgiram ao longo desta caminhada.

Ao meu esposo Joselito, por sua compreensão, encorajamento e por prover todas as condições necessárias para que eu chegasse até aqui.

Aos meus filhos Mateus e André, pelo apoio, compreensão e paciência, pois, muitas vezes, sofreram por minha ausência.

À minha orientadora Dra. Lúcia Helena Pereira Nóbrega que acreditou no meu potencial e se dispôs a me ensinar e orientar, repartindo seus conhecimentos.

À Cláudia, Michelle, Davi, Daiane, Simone, Fábio, Christian, Danielle, Márcia, Vanessa e Dirceu, agradeço pelo companheirismo, ajuda e convivência durante todos esses anos. Tenham certeza que, de alguma maneira, vocês marcaram minha vida e nunca os esquecerei.

A todos os docentes e funcionários do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE que, de alguma forma, colaboraram para que esta pesquisa fosse realizada.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições e sugestões pertinentes para a finalização da tese.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, pela oportunidade.

À CAPES pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos!

## ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CHIA (Salvia hispanica L.)

#### **RESUMO**

A chia (Salvia hispanica L.) é uma oleaginosa de origem mexicana, cultivada e consumida pelos Maias e Astecas desde a antiguidade, por fornecer energia, força e disposição. Esta semente é uma fonte natural de ômega-3, ômega-6, fibras, proteínas, vitaminas, além de outros componentes nutricionais importantes. Auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, dos sistemas nervoso e inflamatório, diabetes, dentre outros. Haja vista a qualidade fisiológica ser fator imprescindível para uma produção significativa de grãos e sementes e a demanda por elas tem se mostrado expressiva a cada ano, pretende-se com este estudo adequar metodologias para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, verificar quais destes testes são mais expressivos para determinar o vigor das mesmas, avaliar a obtenção de mucilagem de chia, e se o vigor das sementes pode interferir na quantidade da mucilagem produzida. Assim, as sementes foram submetidas à determinação de pureza, massa de 100 sementes, grau de umidade, variações nos testes de germinação, crescimento de plântulas, emergência em areia, envelhecimento acelerado, teste de frio sem terra, condutividade elétrica, curva de absorção de água e extração da mucilagem. Após a determinação da metodologia ideal para cada teste, os mesmos foram realizados para sementes cultivadas em dois anos (2013/2014, 2014/2015). A variação da mucilagem foi também avaliada de acordo com o vigor dessas sementes. O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial duplo e triplo, dependendo dos testes. Nas condições testadas, concluiu-se que sementes de chia podem ser germinadas em substratos de papel e areia, com presença ou ausência de luz, nas temperaturas de 15 a 35 °C. Assim, foram registradas elevadas taxas de porcentagem de germinação. O teste de comprimento de plântula realizado em gerbox por nove dias, o teste de emergência em areia com 0,5 cm de profundidade a 25-30 °C, o de envelhecimento acelerado foi conduzido a 41 °C, por 36 horas com água e 45 °C por 12 horas com solução saturada, e o teste de condutividade elétrica por 24 horas, com 25 mL de água a 25-30 °C podem ser utilizados para determinar o vigor de sementes de chia. A metodologia proposta foi eficiente para a extração da mucilagem e o vigor de sementes não interferiu na quantidade de mucilagem produzida.

Palavras-chave: alimento funcional; germinação; mucilagem; vigor de sementes.

## METHODOLOGY ADJUSTMENT FOR PHYSIOLOGICAL QUALITY EVALUATION OF CHIA SEEDS (Salvia hispanica L.)

#### **ABSTRACT**

Chia (Salvia hispanica L.) is an oleaginous plant from Mexico, which was cropped and consumed by the Maya and Aztec peoples since ancient times in order to provide energy, strength and vitality. This seed is a natural source of omega-3, omega-6, fiber, protein, vitamins, as well as other important nutritional components. It helps on preventing cardiovascular diseases, nervous and inflammatory diseases, and diabetes, among others. Its physiological quality is an essential parameter for significant yield of grains and seeds since the demand for chia has increased every year. Thus, this study aimed at adapting methodologies to evaluate seeds physiological quality, checking which tests are more efficient to determine seeds vigor, evaluating mucilage production and if vigor can influence on its produced amount. Thus, seeds were submitted to determine purity, mass of 100 seeds, moisture content, variations on tests such as germination, seedling growth, emergence in sand, accelerated aging, cold test without soil, electrical conductivity, water uptake curve and mucilage extraction. After determining the best methodology for each test, each one of them was carried out for seeds cropped during two cropping years (2013/2014, 2014/2015). Mucilage variation was also evaluated according to these seeds vigor. A completely randomized experimental design was carried out in double and triple factorials, according to the tests. Under tested conditions, it was concluded that chia seeds can germinate in paper and sand substrates, in light presence or absence, under temperatures from 15 to 35 °C, thus achieving high rates of germination percentage. Seedling length test was developed in gerbox for nine days, the emergence in sand test was obtained with 0.5 cm depth at 25-30 °C, the accelerated aging test was under 41 °C, for 36 hours with water and 45 °C for 12 hours with saturated solution, and electrical conductivity test was recorded with 24 hours, 25 mL water at 25-30 °C, and they can be used to determine chia seeds vigor. The proposed methodology was efficient to extract chia seeds mucilage and seed vigor did not interfere in the amount of mucilage produced.

Keywords: functional food; germination; mucilage; seed vigor.

## **SUMÁRIO**

LISTA	DE TABELASxiii
LISTA	DE FIGURASxv
1	INTRODUÇÃO1
2	OBJETIVOS3
2.1	Objetivo geral3
2.2	Objetivos específicos
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA4
3.1	Família Lamiaceae
3.2	A cultura da chia (Salvia hispanica L.)
3.3	Alimento funcional9
3.4	Pesquisas com chia
3.5	Qualidade de sementes
REFE	RÊNCIAS19
ARTIC	SO 1 METODOLOGIA PARA CONDUÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CHIA
1	INTRODUÇÃO28
2	MATERIAL E MÉTODOS
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO31
4	CONCLUSÃO 411
REFE	RÊNCIAS422
ARTIC	60 2 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CHIA455
1	INTRODUÇÃO
2	MATERIAL E MÉTODOS499
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO511
4	CONCLUSÃO
REFE	RÊNCIAS 599
ARTIC	60 3 OBTENÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA EM FUNÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM DOIS ANOS DE PRODUÇÃO622
1	INTRODUÇÃO 644

2	MATERIAL E MÉTODOS	666
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	688
4	CONCLUSÃO	755
REFE	RÊNCIAS	766
CONS	IDERAÇÕES FINAIS	800

## LISTA DE TABELAS

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

 Tabela 1
 Energia e composição percentual correspondente a diferentes grãos

		comparados com grãos de chia111
		ARTIGO 1
Tabela	1	Análise de variância do teste de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio e velocidade média de germinação para sementes de chia em sete temperaturas, dois fotoperíodos e três substratos
Tabela	2	Porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia, considerando a interação fotoperíodo x substrato, nas sete temperaturas
Tabela	3	Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x fotoperíodo, nos três substratos 355
Tabela	4	Tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x fotoperíodo, nos três substratos 366
Tabela	5	Porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x substrato, nos dois fotoperíodos
		ARTIGO 2
Tabela	1	Comprimento médio de parte aérea e raiz de plântulas de chia germinadas aos seis e nove dias após a semeadura
Tabela		Porcentagem, índice de velocidade e velocidade de emergência de plântulas de chia em cinco temperaturas e três profundidades
Tabela	3	Porcentagem de germinação de plântulas de chia em dois substratos e quatro períodos de exposição ao frio

Tabela	4	Porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas de chia considerando a interação temperatura x período de exposição, nas duas
		soluções do teste de envelhecimento acelerado
Tabela	5	Grau de umidade de sementes de chia considerando a interação temperatura ${\bf x}$
		período, em duas soluções do teste de envelhecimento acelerado 566
Tabela	6	Condutividade elétrica considerando a interação temperatura, período e
		variação na quantidade de água para embebição das sementes de chia 577
		ARTIGO 3

Tabela 1 Dados da	a análise química do s	solo realizada em 08/02	2/201466	6
Tabela 2 Caracteri	ização da qualidade f	ísica de sementes de c	hia, nos anos agrícolas d	е
2013/201	4 e 2014/2015		70	0
Tabela 3 Caracteri	ização da qualidade	e fisiológica de seme	entes de chia, nos ano	S
agrícolas	de 2013/2014 e 201	4/2015	71	1
Tabela 4 Extração	da mucilagem de ch	a (gramas) em três qua	antidades de concentraçã	0
de água e	e quatro tempos de h	idratação	73	3
Tabela 5 Extração	da mucilagem de ch	ia (gramas), nos anos	agrícolas de 2013/2014	е
2014/201	5 em Cascavel - PR.		74	4

## LISTA DE FIGURAS

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1	Cultivo de chia5
Figura 2	Planta de chia6
Figura 3	Fruto de chia com sementes6
Figura 4	Sementes de chia hidratadas
	ARTIGO 1
Figura 1	Absorção de água por sementes de chia durante um período de 720 minutos,
_	em diferentes temperaturas399
	ARTIGO 3
Figura 1	Temperaturas máximas, médias e mínimas (°C) e precipitação acumulada
-	(mm) nos períodos de março a julho, nos anos de 2014 e 2015 699

## 1 INTRODUÇÃO

Uma busca constante da população mundial tem sido por alimentos de preparo rápido, prático e saboroso, em decorrência da industrialização e da globalização. No entanto, essa praticidade vem acarretando alguns malefícios à saúde do consumidor. Produtos industrializados, ricos em conservantes, sódio e gorduras são facilmente encontrados e consumidos, buscando soluções práticas para este estilo de vida modernizado.

No meio científico, tem sido discutida a importância de uma alimentação saudável, com alimentos que contenham substâncias que, além de nutrir, desempenhem também funções terapêuticas ou ação anti-inflamatória como o óleo de linhaça, as nozes e amêndoas, (CARDOSO; OLIVEIRA, 2008), o que caracteriza a funcionalidade do alimento.

Alimento funcional é aquele que, quando utilizado como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos, fisiológicos ou efeitos benéficos à saúde, sendo seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999a).

A chia (*Salvia hispanica* L.), planta nativa do sul do México e do norte da Guatemala, tem-se mostrado importante para a saúde humana, por seus elevados teores de ômega 3 e ômega 6, altos índices de proteína, fibras solúveis, vitamina B, cálcio, fósforo, potássio, zinco, cobre e antioxidantes naturais, composição que tem efeitos benéficos para a saúde (AYERZA; COATES, 2011; BUENO et al., 2010a; DAL'MASO et al., 2013).

Outro benefício encontrado na chia é a sua habilidade de absorver água. Quando esta semente é hidratada, rapidamente se forma ao redor dela um tipo de gel ou mucilagem, que pode auxiliar na lenta conversão de carboidratos em açúcar, mantendo os níveis de açúcar no sangue, sendo útil para a prevenção e controle de diabetes; é rapidamente absorvida, digerida e transportada aos tecidos para ser usada pelas células, auxiliando no crescimento e regeneração dos tecidos durante a gravidez e lactação, bem como músculos de atletas e fisiculturistas (TOSCO, 2004; IXTAINA et al., 2010).

Pesquisas têm sido desenvolvidas para verificar a utilização desse gel na culinária como, por exemplo, em substituição aos ovos (BORNEO; AGUIRRE; LEÓN, 2010), como substância espessante (MUÑOZ et al., 2012) ou na indústria de cosméticos (CAPITANI et al., 2013), entre outros.

Nos últimos anos, o cultivo da chia tem apresentado crescimento significativo e grande interesse econômico, em vários países (USDA, 2011; AYERZA; COATES, 2011; KUMER; PHILLIPS, 2012; DAL'MASO et al., 2013; KARTZOW, 2013; CAMPOS et al.; 2014). Assim, faz-se necessária a avaliação da qualidade fisiológica destas sementes, pois,

somente com garantia de boa emergência em campo e o desenvolvimento de plantas vigorosas e uniformes o produtor alcançará sucesso de produtividade.

A qualidade de um lote de sementes é representada pelo somatório de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que determinam seu valor para semeadura, garantindo, assim, elevado desempenho agronômico, base fundamental para o sucesso para uma lavoura tecnicamente bem instalada (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

Vários testes e metodologias são indicados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, com especificações para cada espécie em estudo, com a recomendação de uso de mais de um teste de vigor para aumentar as informações e diminuir os erros associados à decisão de aceitar ou rejeitar um lote de sementes para armazenamento ou semeadura.

O teste de germinação é um dos mais utilizados para avaliar o potencial fisiológico das sementes, mas, nem sempre apresenta boa correlação com emergência de plântulas no campo, fazendo-se necessário complementar as informações obtidas com aplicação de testes de vigor, o que possibilita selecionar lotes mais adequados para comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura (DODE et al., 2012).

São recomendados, também, os testes de velocidade de emergência em areia, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência em areia para soja (SANTORUM et al., 2013), crescimento de plântulas (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987), teste de envelhecimento acelerado para a rúcula (ALVES; SÁ, 2012) e para feijão (BERTOLIN; SÁ; MOREIRA, 2011) e o teste de condutividade elétrica para soja, feijão e mamona (VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999; RODRIGUES et al., 2006). O teste de frio também se mostrou satisfatório para avaliar vigor de sementes em culturas como o milho, feijão, soja, algodão, ervilha (MIGUEL et al., 2001) e sorgo (COSTA et al., 2011).

Para verificar a qualidade fisiológica das sementes são utilizadas metodologias estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nas *Regras para Análise de Sementes* - RAS (BRASIL, 2009), mas, para algumas culturas como é o caso da chia, faz-se necessária a adequação e padronização de metodologias que avaliem esse parâmetro, visto que o interesse comercial por essa cultura tem aumentado expressivamente, a cada ano. Sendo necessário, também, avaliar um método de extração de mucilagem e se a sua produção é variável, de acordo com o vigor das sementes.

## 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo geral

Adequar metodologias para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de chia e verificar se o vigor das sementes interfere na quantidade de mucilagem produzida.

## 2.2 Objetivos específicos

- Adequar metodologias para determinação da germinação, crescimento de plântula, emergência em areia, envelhecimento acelerado, teste de frio sem terra, condutividade elétrica e curva de absorção de água para sementes de chia;
- Verificar quais testes são mais eficientes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de chia;
- Determinar a maneira mais eficiente de retirada da mucilagem das sementes de chia após a embebição de água;
- Verificar se a quantidade da mucilagem produzida pode ser influenciada pelo vigor das sementes.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Família Lamiaceae

No Brasil são encontradas cerca de 350 espécies da família Lamiaceae, divididas em 26 gêneros; várias dessas plantas têm certa importância econômica e são propagadas por sementes. Muitas das espécies de plantas da família Lamiaceae ou Labiatae tem importância hortícola, sendo utilizadas na culinária, medicina alternativa, medicina popular, indústria farmacêutica e fabricação de cosméticos (KRUPPA; RUSSOMANNO, 2008).

Plantas que pertencem a essa família são cultivadas em todo o mundo, com finalidades medicinais e aromáticas, sendo estudadas amplamente por serem fontes de antioxidantes naturais, quando não possuem altos teores de polifenóis. Como possuem princípios bioativos e sua toxidade é relativamente baixa, tornam-se ingredientes úteis para medicina alternativa e como suplemento nutricional (KONTOGIANNI, et al., 2013).

O gênero Salvia inclui cerca de 900 espécies, sendo amplamente distribuído em várias regiões do mundo, como a África do Sul, América Central, América Latina, América do Norte, América do Sul e Sudeste Asiático; estas plantas podem ser herbáceas ou lenhosas, suas flores são muito atraentes e encontradas em diversas cores (BUENO et al., 2010b).

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta da família Lamiaceae, a qual abrange espécies como o alecrim (*Rosmarinum officinalis* L.), a erva cidreira (*Melissa officinalis* L.), o hissopo (*Hyssopus officinalis* L.), a hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.), a lavanda (*Lavandula spp.*), o manjericão (*Ocimum basilicum* L.), a manjerona (*Origanum majorana* L.), o orégano (*Origanum vulgare* L.), a salvia (*Salvia officinalis* L.) e o tomilho (*Thymus vulgaris* L.) (SOUSA; LORENZI, 2005).

### 3.2 A cultura da chia (Salvia hispanica L.)

A chia é uma planta herbácea anual, sendo um dos alimentos básicos das civilizações da América Central, nativa do Sul do México e do norte da Guatemala. Estava entre as principais culturas produzidas por civilizações mesoamericanas antigas, por

milhares de anos (CAPITANI et al., 2012; REYES-CAUDILLO; TECANTE, VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

A chia foi o terceiro alimento mais importante para os astecas, na época de Hernán Cortez - 1485-1547, atrás do milho e feijão e na frente do amaranto. Devido a suas qualidades nutricionais, tem sido uma das principais culturas na Mesoamérica (USDA, 2011).

Junto com a chia, o milho, o feijão e o amaranto eram os alimentos mais importantes para mais de 11 milhões de pessoas, quando Cristovão Colombo chegou à América (AYERZA; COATES 2011). Sua utilização pelos povos pré-colombianos se deu com a formulação de remédios, alimentos e bebidas, pois a semente contém fibras, antioxidantes, vitamina B, zinco, cobre, potássio e é uma importante fonte de cálcio, sendo um alimento nutritivo, que pode ser utilizado para enriquecer vários produtos, como sucos, saladas, barras nutritivas e iogurtes (TOSCO, 2004).

Também conhecida como *Salvia*, a chia pode variar de 1 a 3 m de altura, possui folhas opostas, pecioladas, serrilhadas de, aproximadamente, 2 a 3 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura, com talos quadrangulares, acanelados, com vilosidade. As flores, reunidas em espigas auxiliares ou terminais, podem ser brancas a azuis e desenvolvem-se no final de cada ramo (Figuras 1 e 2). Cada fruto possui quatro sementes pequenas de forma oval, lisas, brilhantes, com cerca de 2 mm de comprimento e 1 mm de largura. O tegumento é brilhante e varia na cor branca que, muitas vezes, são superiores em peso, largura e espessura que as mais escuras (IXTAINA; NOLASCO; TOMÁS, 2008), creme, marrom e cinza, com manchas escuras irregulares (KUMER; PHILLIPS, 2012; TOSCO, 2004).



Figura 1 Cultivo de chia.

Fonte: Tosco (2004).



Figura 2 Planta de chia. Fonte: DI SAPIO et al. (2012).

Como em outras plantas da família Lamiaceae, o fruto da chia (Figura 3), consiste em lóculos indeiscentes, com sementes no seu interior (GUERIN, 2005). Os frutos são comumente chamados de "semente", mas, na verdade, a verdadeira semente está contida dentro de cada fruto (DOMÍNGUEZ-VAZQUÉZ et al., 2002).



Figura 3 Fruto de chia com sementes.

Fonte: DI SAPIO (2012).

As sementes podem ser mantidas por anos, se forem limpas e secas, pois contêm antioxidantes que previnem a deterioração dos óleos essenciais. A principal característica dessa semente é que, quando colocada em meio aquoso, segrega um polissacarídeo

mucilaginoso que a rodeia (Figura 4). Estudos revelam que o consumo desta mucilagem, em conjunto com a semente, facilita a digestão, além de consumir uma fonte de alimento nutritivo (SALGADO-CRUZ; CEDILLO-LÓPEZ; BÉLTRAN, 2005).



Figura 4 Sementes de chia hidratadas.

Fonte: DI SAPIO (2012).

De acordo com Tosco (2004), as sementes de chia possuem uma capa em forma de gel, que auxilia em sua proteção quando semeadas em climas áridos e quentes.

Nos Estados Unidos, estado de Kentucky a semeadura da chia é realizada entre abril e maio e colhida em outubro. É uma cultura de baixa manutenção, prefere solos moderadamente férteis e bem drenados. Necessita de mais umidade no início do desenvolvimento, mas é altamente intolerante a solos úmidos. Como as sementes são pequenas, a semeadura com precisão é importante para garantir bom contato semente-solo. A colheita também é realizada mecanicamente com máquinas adaptadas. Pragas e doenças não têm causado problemas para a cultura, já o controle de plantas invasoras é mais preocupante no desenvolvimento inicial, mas depois que o dossel se fecha as plantas invasoras são controladas por métodos culturais (KUMER; PHILLIPS, 2012).

A maioria das plantas possuem sementes de cor escura ou preta e dificilmente são atacadas por insetos, pois contêm vários compostos que oferecem proteção. Das folhas da chia pode ser extraído um óleo essencial com os seguintes componentes: β-cariofileno; globulol, γ-muroleno, β-pineno, α-humoleno, germacren-B e widrol, que têm efeito repelente contra insetos (AHMED; TING; SCORA, 1994; PASCUAL-VILLALOBOS et al., 1997).

As sementes de chia possuem tolerância moderada ao estresse salino, pois o aumento de concentrações salinas no solo reduz linearmente a sua velocidade de germinação, o comprimento de raiz, o comprimento de plântula, a massa verde e a massa seca (DAL' MASO et al., 2013).

As recomendações para chia cultivada na zona central do Chile são descritas a seguir: temperatura ótima para desenvolvimento de 18 a 28°C; não é exigente em solo, mas prefere solos mais arenosos; é tolerante à acidez, mas não resiste às geadas,

principalmente no período de enchimento de grãos; a precipitação ideal é de 400 a 1100 mm por ano (MIRANDA, 2012).

A distribuição de água ideal é: até a primeira formação de botões florais 35%, florada principal 45%, período de maturação 20% e seca durante a colheita. O período de semeadura ideal é em janeiro, com colheita em início de junho (com maquinários adaptados). A semeadura deve ser de 3-8 kg ha<sup>-1</sup> (média de 6 kg ha<sup>-1</sup>), sendo, 2,5 milhões de plantas por há. A semeadura direta feita em linhas, 0,8-0,7 m entre fileiras. No período inicial, controle manual de plantas invasoras (KARTZOW, 2013).

O ciclo da chia varia de 140 a 180 dias entre a semeadura e a colheita, dependendo da latitude (160 dias a 25 ° LS), sendo a cultura muito resistente a doenças e pragas, pois seus óleos são repelentes naturais de insetos e têm como produção final de 500-1200 kg há<sup>-1</sup>, com média de 600 kg ha<sup>-1</sup> (KARTZOW, 2013).

Na Nicarágua, as áreas que mais se destacam na produção de chia são os municípios de Trinidad, San Nidícolas, Matagalpa, Terrabona e Jinotega, com cultivo de setembro a março e são recomendadas 40 plantas por m². Essas áreas possuem microclimas ideais para o cultivo, com altitude de 600 -1.400 metros (MIRANDA, 2012).

Segundo Ayerza e Coates (2009), o cultivo comercial da chia ocorre há vários anos na Austrália, Bolívia, Colômbia, Guatemala, México, Peru e nos estados de Salta, Jujuy, Tucumán e Catamarca, na Argentina. Busilacchi et al. (2013) verificaram que é possível a incorporação de novas áreas de produção de chia na cidade de Chabás, sul do estado de Santa Fé – Argentina, onde a semeadura antecipada (primeira quinzena de janeiro) seria mais adequada para a espécie.

De acordo com a Secretaria de Economia da Nação Regional da Argentina, foram exportadas 160 toneladas ano<sup>-1</sup> de sementes de chia (2008-2011), com valores próximos a 3.000 dólares por tonelada<sup>-1</sup>, ou seja, 3,0 US\$ kg<sup>-1</sup>, já no mercado interno, os produtores receberam US\$ 1,3 kg<sup>-1</sup> (KARTZOW, 2013).

Até recentemente, a produção só era possível em latitudes tropicais e subtropicais, devido ao longo período vegetativo (150 a 180 dias), necessário para completar o desenvolvimento da semente. As plantas de chia crescem bem em climas temperados, exigem dias curtos para florescer e são normalmente mortas pela geada antes de as sementes amadurecem (KUMER; PHILLIPS, 2012).

Na Austrália, a chia é considerada uma das culturas de mais rápido crescimento, devido à região oferecer condições ideais para o cultivo, com temperaturas moderadas, principais precipitações nos momentos de semeadura e enchimento de grãos. Em 2011, a área ocupada com chia era de 3.000 ha com produção de 3.600 t, bem superior se comparado com 2007, com área cultivada de 100 ha e produção de 80 toneladas (KARTZOW, 2013).

No México, país de origem da cultura, a chia é produzida principalmente no estado de Jalisco (99% de produção nacional), nos municípios de Acatic, Cuquío e Zapotlanejo e Puebla, atingindo 2.720 ha<sup>-1</sup> de área e 3.449 toneladas de produção em 2011. No Paraguai, o cultivo alcançou crescimento notável nos últimos anos, desenvolvendo-se em Horqueta, Loreto, San Pedro, Río Verde, Guayaiví, Curuguaty, Campo 9, Natalio, Santa Rosa del Monday, Puerto Triunfo, Santa Rosa de Misiones e Pedro Juan Caballero, exportando em 2012, 1.400 toneladas de sementes com valor total de US \$ 8,7 milhões. (KARTZOW, 2013).

No Brasil, regiões como oeste do Paraná, noroeste do Rio Grande do Sul e em alguns locais dos estados do Mato Grosso e Minas Gerais começaram a investir no cultivo da chia nas últimas safras, apresentando ótimos resultados, mesmo não tendo informações precisas quanto às características de cultivo ou sobre as exigências nutricionais da planta, pois o que se encontra sobre essa cultura na literatura está basicamente relacionado à composição nutricional das sementes e aos benefícios que elas trazem para a saúde humana (MIGLIAVACCA et al., 2014).

#### 3.3 Alimento funcional

A industrialização e globalização proporciona à população mundial facilidades alimentares, mas essa praticidade acarretou também alguns malefícios à saúde humana. Produtos industrializados, ricos em conservantes, sódio e gorduras, por exemplo, são facilmente encontrados em quase todos os lugares e consumidos, em soluções práticas para o estilo de vida atual (LAMOUNIER; PARIZZI, 2007).

O aumento do consumo de produtos derivados de grãos integrais tem sido recomendado, devido ao seu papel na redução do risco de doenças crônicas degenerativas, na redução da incidência do diabetes, na menor incidência de doenças cardiovasculares e na diminuição de determinados tipos de câncer. A ingestão desses grãos auxilia também na diminuição da glicose sanguínea, sendo inferior à metade daquela obtida a partir de grãos refinados (QUEIROZ et al., 2008).

O termo alimento funcional foi introduzido no Japão, pelo governo, na década de 1980, com o propósito de incentivar uma alimentação mais saudável e reduzir custos ligados à saúde pública. O consumo de alimentos associados a benefícios fisiológicos e tratamento de doenças crônicas foi adotado mundialmente, sendo que cada país adotou regulamentações próprias para a aprovação de tais alimentos (STRINGHETA et al., 2007).

Apesar de o termo alimento funcional receber diversas definições, no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o define como alimento ou ingrediente que, quando utilizado como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos, fisiológicos ou efeitos benéficos à saúde, sendo seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999a).

Um levantamento realizado pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação - ABIA evidencia a importância do mercado dos alimentos funcionais, ocorrendo um crescimento por volta de 14% ao ano, no mundo (ABIA, 2011). Enquanto as vendas de alimentos convencionais apresentam índices de 4%, no Brasil esse setor registrou crescimento de 81% entre 2004 e 2009, mostrando-se fundamental o investimento e as pesquisas com estes produtos, devido à sua importância para a população.

Nos últimos anos, o mercado mundial de alimentos denominados nutracêuticos, ou seja, alimentos que trazem benefícios à saúde, continua a crescer devido ao maior interesse da população. Alimentos que contêm ômega-3 e ácidos graxos são importantes e muito utilizados na medicina preventiva (KUMER; PHILLIPS, 2012).

Em 2009, as sementes de chia foram aprovadas como novo alimento pela Comissão das Comunidade Europeia de Bruxelas, pois não há evidência de efeitos adversos ou alergênicos causados pela chia inteira ou por sementes moídas. Portanto, sementes de chia e produtos derivados são promissoras fontes de alimento utilizadas para enriquecer outros alimentos como, por exemplo, o pão (EC, 2009). Nos últimos anos, a chia também foi aprovada como alimento na América do Norte, Austrália, Argentina e na Ásia (TCC, 2011).

Mesmo com os benefícios dos compostos contidos nas sementes de chia, apresentados pela literatura internacional, ela ainda não é reconhecida como alimento seguro para comercialização pela legislação brasileira. Para que as sementes de chia sejam reconhecidas como seguras, é necessária uma solicitação de registro como "novo alimento", pois a ANVISA entende que, alimentos sem tradição de consumo no país devem ser avaliados por ela antes de serem comercializados (BRASIL, 1999b; BRASIL, 1999c).

O processo de registro de um novo alimento é extremamente burocrático e de elevado custo, pois a empresa ou instituição que deseja comercializá-lo deve apresentar vários tipos de documento e pagar uma taxa que varia conforme o porte da empresa e aguardar pelo aval da ANVISA, que pode ser negado se a conclusão do órgão for de que as informações são insuficientes para liberação do produto para consumo (BRASIL, 1999b).

Na Tabela 1 são apresentados alguns estudos que mostram que a qualidade nutricional de chia é maior do que os principais grãos consumidos em todo o mundo, destacando sua contribuição para a energia, proteínas, lipídios e fibras.

**Tabela 1** Energia e composição percentual correspondente a diferentes grãos comparados com grãos de chia

Grãos	Energia Kcal 100g <sup>-1</sup>	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)	Fibras (%)	Cinzas (%)
Arroz	358	6,5	0,5	79,1	2,8	0,5
Cevada	354	12,5	2,3	73,5	17,3	2,3
Aveia	389	16,9	6,9	66,3	10,6	1,7
Trigo	339	13,7	2,5	71,1	12,2	1,8
Milho	365	9,4	4,7	74,3	3,3	1,2
Chia	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6

Fonte: USDA (2002); AYERZA; COATES (2004); EC (2009); KARTZOW (2013).

O maior interesse nas sementes de chia se deve ao seu teor de ácidos linoleico e alfa-linoleico (AYERZA, 2009; MOHD et al., 2012), pois auxiliam as funções imunológicas, inibem a proliferação de linfócitos e citocininas pró-inflamatórias, mantêm a integridade das membranas celulares e de neurotransmissores e atuam na prevenção de doenças cardiovasculares (YAO et al., 2012).

Além de ser comercializada como semente crua, a chia vem sendo comercializada como suplemento dietético, incorporada em salgadinhos, misturas de bebidas e cereais. É encontrada moída para uso como farinha e na fabricação de barras de cereais matinais e biscoitos, nos EUA, América Latina e Austrália (KUMER; PHILLIPS, 2012; MUÑOZ et al., 2012).

Outro benefício encontrado na chia é a sua habilidade de absorver mais de doze vezes seu peso em água, habilidade que pode prolongar a hidratação e retenção de eletrólitos em fluidos do corpo, especialmente durante esforços. Uma normal retenção de fluidos assegura normal dispersão de eletrólitos para atravessar a membrana celular, auxiliando nas funções celulares (TOSCO, 2004).

Quando uma colher de chia é colocada em um copo de água, após 30 minutos se forma uma gelatina sólida, um tipo de gel ou mucilagem com também é chamada. Esse gel se forma devido às fibras solúveis contidas nas sementes e possui propriedades como: auxiliar na lenta conversão de carboidratos em açúcar, mantendo os níveis açúcar no sangue, sendo útil para a prevenção e controle do diabetes; é mais rapidamente absorvida, digerida, e transportada aos tecidos para ser usada pelas células, auxiliando no crescimento e regeneração dos tecidos durante a gravidez e a lactação, bem como músculos de atletas e físico culturistas (TOSCO, 2004).

Sementes de chia produzem entre 36-40 g de fibra dietética em 100 gramas, equivalendo a 100% das recomendações diárias para a população adulta, também é excelente fonte de minerais, contendo onze vezes mais fósforo, seis vezes mais cálcio, e quatro vezes mais potássio do que 100 g de leite. Possui ainda, magnésio, ferro, zinco e cobre. O teor de ferro é bastante elevado na chia, tem seis vezes mais ferro que o espinafre,

1,8 vezes mais que a lentilha e 2,4 vezes mais que o fígado (BUSHWAY; BELYA; BUSHWAY, 1981; BELTRÁN-OROZCO; ROMERO, 2003).

A quantidade de óleo nas sementes de chia é três a dez vezes maior do que nos outros grãos. Esses óleos auxiliam na absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K). A chia é rica em ácidos graxos insaturados (linoleicos), auxilia na respiração dos órgãos vitais, ajuda a regular a coagulação do sangue, células da pele, membranas, mucosas e nervos. Devido à sua larga cadeia de triglicerídeos LCI, proporciona a redução de colesterol e é ótima provedora de boro e cálcio, atuando como catalizador para o corpo, absorvendo e utilizando o cálcio disponível. Como benefícios adicionais, encontra-se que era utilizada pelos índios e missionários como emplastro em feridas por armas, para evitar infecções e para cura; em queimaduras para acelerar a cicatrização e diminuir a o tamanho da cicatriz (TOSCO, 2004).

Segundo Beltrán-Orozco e Romero (2003), sementes de chia são fontes de vitaminas do complexo B. Comparadas com outros cereais, essas sementes têm maior teor de niacina do que o milho, soja e arroz. Já o conteúdo de tiamina e riboflavina é semelhante ao encontrado no arroz e milho.

A chia é uma planta com ricas fontes de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), podendo ser utilizada como alimento para gado e ruminantes (PEIRETTI; GAI, 2009).

Uma parte da chia comercializada nos Estados Unidos é distribuída para a indústria equina, sendo vendida para os varejistas de alimentos para animais, fabricantes de ração e grandes fazendas de equinos (KUMER; PHILLIPS, 2012). Nesse país, as perspectivas de mercado para a cultura são excelentes, pois a chia é uma das maiores fontes de ômega-3 e ácidos graxos e há alta demanda em relação ao seu fornecimento, além de essas sementes terem valor muito maior do que o da canola, soja ou linho.

#### 3.4 Pesquisas com chia

Ayerza e Coates (2011) verificaram que o teor de proteína e de óleo variaram significativamente para a chia cultivada em três ecossistemas (Argentina, Bolívia e Equador). A saturação de óleo tende a diminuir à medida que aumenta a produção de sementes, com a diminuição dos níveis de ácido palmítico, esteárico, oleico, ácidos graxos e linoleico. O principal componente encontrado no óleo de chia foi o ômega 3 que variou de 64,8% para 56,9%, apresentando diferença significativa em função da localidade de cultivo.

Campos et al. (2014), em estudo para avaliar a característica físico-química do óleo de sementes de chia, em Yucatán no México, concluíram que o óleo apresenta

interessantes propriedades físico-químicas para a indústria alimentar, como ácidos graxos pentadecanóico, araquidônico e docosahexaenóico e alto teor de ácido linoleico-α (ômega 3) e ácido linoleico (ômega 6). Portanto, o óleo da chia é considerado a fonte vegetal com maior teor de ácidos graxos essenciais.

Os frutos de chia, comumente chamados de sementes, contêm ácido linoleico, apresentam fonte natural de ômega-6 e ômega-3 e auxiliam na redução de riscos de doenças cardiovasculares, por isso, são de grande interesse para a medicina. As sementes têm elevado teor de antioxidantes, são ricas em fibra dietética, possuem proteína de alta qualidade e não contêm glúten (BUENO et al., 2010a; MUÑOZ el al., 2013).

Sargi et al. (2013), ao avaliarem a composição química e capacidade antioxidante de sementes de chia, linhaça dourada, linhaça marrom, menta branca e menta marrom concluíram que todas são fontes de ácido alfa-linolênico (LNA), o qual é um precursor do AGPI de cadeia longa metabolicamente sintetizada no corpo humano. Entre estas, a chia apresentou maior teor de ácidos graxos e capacidade antioxidante intermediária, enquanto que as espécies de linhaça e menta mostraram teores elevados de ômega-3 e ômega-6. Destacaram, também, que as sementes podem ser utilizadas *in natura* como farinhas e/ou óleos para enriquecer produtos alimentares, alterando assim, a proporção de ômega-6 e ômega-3 na dieta.

Segundos levantamentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, as sementes de chia, além de antioxidantes, são ricas em cálcio, ferro, fósforo, selênio, potássio e magnésio. Também são fontes de fibras e de proteínas (cerca de 16 g/100 g<sup>-1</sup>) e apresentam todos os aminoácidos essenciais (USDA, 2014).

As sementes de chia são hidratadas facilmente, mesmo em baixas temperaturas, e a substância mucilaginosa resultante possui propriedades funcionais interessantes sob o ponto de vista tecnológico (CAPITANI et al., 2013).

Muñoz et al. (2012) verificaram que a mucilagem das sementes de chia pode ser facilmente extraída (seca) e novamente hidratada, alcançando retenção de água de 27 vezes o seu peso em água. Tanto as sementes como a mucilagem da chia têm grande potencial como ingrediente funcional a ser utilizado como espessante em alimentos.

A presença da mucilagem na chia é interessante, com capacidade de formar géis de alta viscosidade, retardando o trânsito intestinal, proporcionando sensação de saciedade, ajudando a prevenir doenças como obesidade, câncer de cólon, diabetes e hipercolesterolemia, além de ser recomendada com agente espessante. A utilização dos subprodutos de sementes de chia apresentam propriedades funcionais para a indústria de alimentos, podendo ser aplicados na fabricação de produtos de padaria, bebidas em pó, iogurtes, molhos, cremes e outros (CAPITANI; NOLASCO; TOMÁS, 2013).

O gel das sementes de chia pode ser utilizado também para substituir em até 25% o óleo ou os ovos na formulação de bolos, assegurando as características funcionais e

sensoriais do produto e tendo como resultado alimentos mais nutritivos (BORNEO; AGUIRRE; LEÓN, 2010).

Tanto a farinha como as sementes de chia podem ser acrescidas em níveis de 5% na fabricação de pães, melhorando o valor nutricional, pois melhoraram a aceitação sensorial geral do pão e inibem a cinética da retrogradação de amilopectina durante o armazenamento, retardando o endurecimento do pão, proporcionando efeito positivo sobre a tecnologia e valor sensorial dos produtos de panificação (IGLESIAS-PUIG; HAROS, 2013).

Pizarro et al. (2013) investigaram os efeitos da adição de farinha de chia integral (WCF) sobre os aspectos nutricionais e sensoriais de bolos e verificaram que a incorporação de farinha de chia integral (WCF) resultou em um bolo nutricionalmente melhorado, principalmente em relação ao teor de ômega-3 e ômega-6. Melhores resultados para as variáveis analisadas foi a concentração de 15 g de WCF / 100 g de mistura de farinha.

As propriedades físico-químicas e funcionais (teor de óleo, fibras, função antioxidante) da chia são características importantes que recomendam sua utilização como subproduto na fabricação de sobremesas, bebidas, pães, geleias, emulsões e cookies, entre outros (CAPITANI et al., 2012).

Sementes de chia cultivadas no Equador, em locais com diferentes altitudes, mostraram maior produção de sementes (1753 kg ha<sup>-1</sup>) e maior teor de proteína (21,0%). Nas Salinas, o teor de óleo e a composição de ácidos graxos nas sementes de chia não apresentaram diferença significativa quando cultivadas nas cidades de Patate – 2042 m de altitude, Guayllabamba – 2200 m de altitude e Salinas – 1621 m de altitude (AYERZA; COATES, 2009). Almeida et al. (2016) avaliaram a incidência fúngica e a qualidade fisiológica de sementes de chia de seis lotes provenientes do mercado local, no município de Pelotas- RS, Brasil, e estes apresentaram baixa incidência de fungos fitopatogênicos, porém houve variação na qualidade fisiológica.

Arfux et al. (2015), com o objetivo de avaliar a produção de plântulas de chia a partir de embriões em meios de cultivo com e sem sacarose, verificaram que a sacarose afeta diretamente o desenvolvimento de plântulas e pode comprometer o crescimento normal e promover variação somaclonal.

Stefanello et al. (2015a) avaliaram os efeitos da luz e da temperatura no potencial fisiológico de sementes de chia e constataram que a germinação ocorre tanto na presença quanto na ausência de luz e que, sem dormência, germinam melhor na temperatura constante de 20 °C.

Stefanello et al. (2015b) avaliaram a resposta fisiológica das sementes de chia ao estresse salino em solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) nos potenciais osmóticos correspondentes a zero; -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,25; -0,30 MPa e concluíram que as sementes toleram moderadamente a salinidade nos níveis propostos, podendo ser

intolerante em potenciais osmóticos inferiores e nas fases iniciais do desenvolvimento de plântulas.

Paiva et al. (2016) analisaram os efeitos de diferentes regimes de luz e temperaturas na germinação de sementes de chia e concluíram que a germinação pode ser de cinco dias, com a primeira contagem no segundo dia após a semeadura, em temperatura constante de 25 °C ou alternada 25-30 °C e que, mesmo as sementes demonstrando-se indiferentes à luz, houve aumento do crescimento de plântulas e acúmulo de matéria seca na presença de luz.

Apesar de alguns trabalhos publicados recentemente sobre a cultura da chia, muitas respostas sobre ela ainda precisam ser obtidas com maior precisão.

#### 3.5 Qualidade de sementes

A utilização de sementes de boa qualidade é fator relevante para o sucesso de culturas de interesse econômico, possibilitando boa emergência em campo e o desenvolvimento de plantas vigorosas e uniformes, refletindo diretamente na produtividade (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987).

A qualidade de um lote de sementes é representada pelo somatório de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que determinam seu valor para semeadura e garantem elevado desempenho agronômico, sendo esta a base fundamental do sucesso para uma cultura tecnicamente bem instalada (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

A qualidade fisiológica das sementes está relacionada com a sua capacidade de desempenhar suas funções vitais, sendo caracterizada pela longevidade, germinação e vigor. Assim, se as sementes não têm qualidade, observa-se decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009). O vigor pode ser definido como a soma de atributos que conferem à semente o potencial para germinar, emergir e resultar em plântulas normais, sob grande diversidade de condições ambientais (TUNES et al., 2011, MARCOS FILHO, 1999).

Os testes de vigor têm como objetivo fundamental detectar ou avaliar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação; distinguir, com segurança, lotes que apresentem diferença com relação ao vigor; separar ou classificar de maneira proporcional à emergência das plântulas, resistência ao transporte e ao armazenamento (MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 2009).

Naturalmente, os lotes de sementes que apresentam germinação semelhante podem exibir comportamentos distintos em campo e/ou durante o armazenamento. Essas diferenças no comportamento podem ser vistas por meio de uma curva que representa a queda da viabilidade da população de sementes, em três fases: a primeira fase, relativamente longa, representa as sementes que mantêm alto poder germinativo e poucas morrem; na segunda, percebe-se claramente o declínio rápido da germinação; na terceira fase, poucas sementes permanecem vivas (KRZYZANOWISKI, VIEIRA, 1999).

Mesmo que as sementes de um mesmo lote estejam em diferentes posições da curva e apresentem diferentes graus de deterioração, a germinação dos lotes comercializáveis decresce até atingir o ponto de declínio acentuado da curva na fase dois, por isso, torna-se relevante a realização de testes de vigor para a comparação do potencial fisiológico dos lotes de sementes com germinação semelhante e, preferencialmente, ainda situados na primeira fase da curva de perda de viabilidade. Dessa forma, considera-se que a posição do lote dentro da primeira fase determina o alto nível de vigor das sementes (KRZYZANOWISKI; VIEIRA, 1999).

Esse resultado significa que as diferenças entre o vigor de lotes de sementes somente são importantes ou têm algum significado prático, se a germinação desses lotes supera os padrões para a sua comercialização (MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 2009). Nesse sentido, o uso dos testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade (DIAS; MARCOS FILHO, 1995).

Como a análise de sementes tem como objetivo avaliar a qualidade de sementes de um mesmo lote, é importante que se tenham métodos padronizados e que forneçam dados precisos e confiáveis (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987).

Como algumas espécies vegetais não têm estabelecidos procedimentos para os testes de germinação descritos pelas *Regras para Análise de Sementes* (RAS) no Brasil, faz-se necessária a padronização e validação metodológica para avaliação da qualidade destas sementes. Um estudo realizado com sementes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), cultura que tem se mostrado promissora para produção de biodiesel, constatou que as metodologias para o teste de germinação de sementes com utilização dos substratos areia e papel e temperatura alternada 20-30 °C, são consideradas válidas, tanto no aspecto fitotécnico como estatístico (KATAOK et al., 2011).

Os testes de vigor, associados aos de germinação, vêm sendo utilizados rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes para o controle interno de qualidade, a fim de estimar o potencial de desempenho em campo, tanto em condições favoráveis quanto adversas (GRZYBOWSKI; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015).

Para uma análise mais completa da qualidade fisiológica de sementes, faz-se necessária a complementação das informações fornecidas pelo teste de germinação com

testes de vigor, possibilitando a seleção de lotes mais adequados para comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura (DODE et al., 2012).

Entre os testes de vigor utilizados encontram-se aqueles relacionados ao teste de germinação, como o de crescimento de plântulas, que determina o vigor relativo dos lotes (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987).

Segundo Bento et al. (2010), os resultados dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado demonstraram coerência com os resultados dos testes de emergência de plântulas e com a caracterização biométrica das sementes, indicando homogeneidade entre dois lotes de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* W.).

A maioria das metodologias disponíveis para avaliação do vigor de sementes foram desenvolvidas para sementes de grandes culturas, como os já padronizados testes de condutividade elétrica para a ervilha, de envelhecimento acelerado para sementes de soja (MARCOS FILHO, 2005) e o teste de frio para milho (VIEIRA; CARVALHO, 1994), havendo a necessidade de adaptação ou desenvolvimento de procedimentos adequados para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças, as quais, muitas vezes, são bem pequenas.

De acordo com Santorum et al. (2013), os testes de velocidade de emergência em areia, o índice de velocidade de germinação e o índice de velocidade de emergência em areia foram as variáveis que melhor se relacionaram com a emergência em campo para cultivares de sementes de soja.

O teste de envelhecimento acelerado é realizado em condições de temperaturas elevadas e umidade relativa do ar por períodos curtos. Esse teste demonstrou eficiência na avaliação do potencial fisiológico de sementes de rúcula com solução salina saturada de NaCl, utilizando as combinações 41 °C com 72 e 96 horas (ALVES; SÁ, 2012), bem como para sementes de feijão com aplicação de maior temperatura (43 °C) e redução do período de exposição ao teste (24 h) (BERTOLIN; SÁ; MOREIRA, 2011).

Ávila et al. (2005), buscando comparar a eficiência de diferentes testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de canola e verificar sua relação com a emergência das plântulas em campo, verificaram que os testes de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica são os mais indicados para satisfazer esse objetivo.

O teste de condutividade elétrica tem sido realizado com sementes de oleaginosas, como soja, feijão e mamona (VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999; RODRIGUES et al., 2006). Em sementes menores, como as de chia, não se têm pesquisas, sendo necessários mais estudos para ajustar a metodologia e obter informações confiáveis, pois vários fatores podem interferir, como a qualidade e a quantidade de água utilizada para embebição,

período de embebição, umidade, massa, quantidade, idade e integridade das sementes, genótipo e temperatura.

Oliveira et al. (2012) verificaram que o teste de condutividade elétrica, utilizando a combinação de 50 sementes, 75 mL de água deionizada a 25°C, nos períodos de 18 e 24 horas, foi suficientemente sensível para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de girassol. Para sementes de abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), as condições mais favoráveis para ordenação consistente dos lotes quanto ao vigor foi quando o teste de condutividade elétrica foi realizado com 50 sementes em 75 mL de água a 30°C por oito horas (DUTRA; VIEIRA, 2006).

De acordo com Sena, Alves e Medeiros (2017), os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência de plântulas em campo são os mais eficientes para classificação dos lotes de sementes de milho cultivar Sertanejo, em níveis de vigor.

Mesmo que o teste de frio seja utilizado, principalmente para culturas como o milho, feijão, soja, algodão e ervilha, com o decorrer dos anos tem-se mostrado significativo para outras espécies também, como o algodão (MIGUEL et al., 2001) e o sorgo (COSTA et al., 2011), sendo indicado para a avaliação do potencial fisiológico de sementes, em relação a outras metodologias estudadas.

Um único teste não é capaz de caracterizar todas as interações possíveis entre as sementes e as condições ambientais durante todo o processo de produção. Nesse sentido, recomenda-se o uso de mais de um teste de vigor para aumentar as informações e diminuir os erros associados à decisão de se aceitar ou rejeitar um lote de sementes para armazenamento ou semeadura (MENDONÇA et al., 2008).

### **REFERÊNCIAS**

- AHMED, M.; TING, I.P.; SCORA, R.W. Leaf oil composition of Salvia hispanica L. from three geographical areas. **Journal of Essential Oil Research**, London, v. 6, n. 3, p. 223-228, 1994.
- ALMEIDA, T. L.; RODRIGUES, D. B.; ROSA, T. D.; OLANDA, G. B.; FARIA, C. R. J. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de chia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.13, n. 23, p. 1117-1122, 2016.
- ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Methodology adequation for accelerated aging test in arugula seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina PR, v. 33, S. 1, p. 2789-2798, 2012.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHIT, L. P. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005.
- ARFUX, C. R. B.; MENEGATI, C. de F.; SILVA, R. M.; RONDON, J. N.; GABRIEL, V.; COSTA, F. A.; CARVALHO, C. M. E.; SOUZA, P. F.; SILVA, C. B. Cultivo in vitro de *Salvia hispanica* L. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1555-1560, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO ABIA. **Ritmo de crescimento de alimentos funcionais acelera no Brasil**. 2011. Disponível em: < http://www.abia.org.br/vs/inicio.aspx>. Acesso em: 13 dez. 2016.
- AYERZA, R. The seed's protein and oil content, fatty acid composition and growing cycle length of a single genotype of Chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors. **Journal of Oleo Science**, Tucson, v. 58, n. 7, p. 347-354, 2009.
- AYERZA, R.; COATES, W. Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and α-linolenic content of three chia (Salvia hispanica L.) selections. **Industrial Crops and Products**, Tucson, v. 30, p. 321–324, 2009.
- AYERZA, R.; COATES, W. Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. **Tropical Science**, v. 44, n. 3, p. 131-135, 2004.
- AYERZA, R.; COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (Salvia hispanica L.). **Industrial Crops and Products**, Tucson, v.3, n.4, p.1366-1371, 2011.
- BELTRÁN-OROZCO, M. C. ROMERO, M. R. La chía, alimento milenario. *In*: Alfa Editores Técnicos, S.A., **Revista Industria Alimentaria**, Sep. Oct., Iztapalapa, México D.F., p. 22-25. 2003.
- BENTO, S.R.S.O.; SANTOS, A.E.O.; MELO, D.R.M.; TORRES, S.B. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* WILLD.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 32, n. 4, p. 111-117, 2010.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R.; Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 33, n. 1 p. 104-112, 2011.

- BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. **Journal of the American Dietetic**, v. 10, n. 6, p. 946-949, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria 398 de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília DF, 30 de maio de 1999a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 16, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico de procedimentos para registro de alimentos e ou novos ingredientes, **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília DF, de 3 de dezembro de 1999b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 18, de 30 de abril de 1999. Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília DF, de 3 de maio de 1999c.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília DF: Mapa/ACS. 2009. 399 p.
- BUENO, M.; DISAPIO, O.; BAROLO, M.; BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M. SEVERIN, C. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Santiago, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2010a.
- BUENO, M., DI SAPIO, O., BAROLO, M., VILLALONGA, M. E., BUSILACCHI, H., SEVERIN, C. In vitro response of different *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) explants. **Molecular Medicinal Chemistry**, v. 21, p.125-126, 2010b.
- BUSILACCHI, H.; BUENO, M.; SEVERIN, C.; DI SAPIO, O.; QUIROGA, M.; FLORES, V. Evaluation of Salvia hispanica L. cultivated in the south of Santa Fe (Argentina). **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 34, n. 4, p. 55-59, 2013.
- BUSHWAY, A. A., BELYA, P. R. BUSHWAY, R. J. Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 5, p. 1349-1350, 1981.
- CAMPOS, M. R. S.; SOLIS, N. C.; RUBIO, G. R.; GUERRERO, L. C. Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 5, n. 3, p. 220-226, 2014.
- CAPITANI, M. I.; IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M; TOMÁS, M. C. Microstructure, chemical compositions and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. **Journal Science Food Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 3856-3862, 2013.
- CAPITANI, M. I.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Effect of mucilage extraction on the functional properties of chia meals. Dr. Innocenzo Muzzalupo (Ed.). Food Industry. ISBN: 978-953-51-0911-2, InTech, DOI: 10.5772/53171. 2013. Disponível em: http://www.intechopen.com/books/food-industry/effect-of-mucilage-extraction-on-the-functional-properties-of-chia-meals.
- CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V., NOLASCO, S. M; TOMÁS, M.C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (Salvia hispanica L.) seeds of Argentina. **Food Science and Technology**, v. 45 n. 1, p.94-102, 2012.

- CARDOSO, A. L.; OLIVEIRA, G. G. **Alimentos funcionais**. Florianópolis: Nutri Jr, 2008. Disponível em: < http://www.nutrijr.ufsc.br/jornal/jornal\_eletronico\_06-08.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- COSTA, R. S.; SIMONI, F.; FOGAÇA, C. A.; GEROLINETO, G. Teste de frio para avaliação do vigor de sementes de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 11, n. 1, p. 201-204, 2011.
- DAL'MASO, E. G.; CASARIN, J.; COSTA, P. F.; CAVALHEIRO; D. B. SANTOS, B. S.; GUIMARÃES, V. F. Salinidade na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de chia. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v. 6, n. 3, p. 26-39, 2013.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina PR, v. 5, n. 1, p. 26-36, 1995.
- DI SAPIO, O.; BUENO, M.; BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; SEVERIN, C. Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, F ruto y Semilla de Salvia hispanica L. (Lamiaceae). **Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromáticas**, Santiago, v. 11, n. 3, p. 249-268, 2012.
- DOMÍNGUEZ-VÁZQUEZ, G.; BERLIN, B.; RAMÍREZ, A. E. C.; ESTRADA-LUGO, E. J. I. Revisión de la diversidad y patrones de distribución de Labiatae en Chiapas. **Anales del Instituto de Biología**, v. 73, n. 1, p. 39–80, 2002.
- DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 34, n. 4 p. 686 691, 2012.
- DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 28, n. 2, p.117-122, 2006.
- EUROPEAN COMMISSION EC. Authorizing the placing on the market of chia seed (*Salvia hispanica*) as novel food ingredient under Regulation (EC) N° 258/97 of Council of the European Parliament. **Office Journal EU C**. 7645. 2009.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, Londrina PR, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.
- GUERIN, G. R. Nutlet morphology in *Hemigenia* R. Br. *Microcorys* R. Br. (Lamiaceae). **Plant Systematics Evolution**, Adelaide, n. 254, p. 49–68, 2005.
- GRZYBOWSKI, C. R. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 590-596, 2015.
- IGLESIAS-PUIG, E.; HAROS, M. Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (Salvia hispanica L.). **European Food Research and Technology**, Paterna, n. 237, p. 865–874, 2013.
- IXTAINA, V. Y.; VEGA, A.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C.; GIMENO, M.; BÁRZANA, E.; TECANTE, A. Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.); characterization and process optimization. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 55, n. 1, p. 192-199, 2010.

- IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (Salvia hispanica L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 3, p. 286-293, 2008.
- KARTZOW, A. C. Estudio de pre factibilidad técnico-económica del cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.) en Chile. Informe final, Santiago, Chile: FIA, 2013, 102 p.
- KATAOK, V. Y.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, M. S.; CALDEIRA, C. M. Validação de metodologia para o teste de germinação em sementes de nabo forrageiro (*raphanus sativus* L. var. *oleiferus*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 33, n. 1 p. 069 079, 2011.
- KONTOGIANNI, V.G.; TOMIC, G.; NIKOLIC, I.; NERANTZAKI, A.A.; SAYYAD, N.; STOSIC-GRUJICIC, S.; STOJANOVIC, I.; GEROTHANASSIS, I.P.; TZAKOS, A.G. Phytochemical profile of Rosmarinus officinalis and Salvia officinalis extracts and correlation to their antioxidant and anti-proliferative activity. **Food Chemistry**, v. 136, p. 120-129, 2013.
- KRUPPA, P. C.; RUSSOMANNO, M. R. Ocorrência de fungos em sementes de plantas medicinais, aromáticas e condimentares da família Lamiaceae. **Tropical Plant Pathology**, Brasília DF, v. 33, n. 1, p. 72-75, 2008.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES, 1999, p. 1-8.
- KUMMER, C.; PHILLIPS, T. **Center for crop diversification**: chia. Lexington: Cooperative Extension Service University of Kentucky College of Agriculture, 2012. 3 p.
- LAMOUNIER, J. A.; PARIZZI, M. R. Obesidade e saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, Belo Horizonte, v. 23, n. 23, p. 1497-1499, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES. 1999. cap. 1, p. 1-21.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.
- MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A.D.L.C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p.185-246.
- MENDONÇA, E. A. F.; AZEVEDO, S. C.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 30, n. 3, p.1-9, 2008.
- MIRANDA, F. Guía técnica para el manejo del cultivo de chía (*Salvia hispanica*) en **Nicaragua**. Nicaragua: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación del Norte. 2012, 14 p.
- MIGUEL, M. H.; CARVALHO, M. V.; BECKERT, O. P.; MARCOS FILHO, J. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 741-746, 2001.

- MIGLIAVACCA, R. A.; SILVA, T. R. B.; VASCONCELOS, A. L. S.; MOURÃO FILHO, W.; BAPTISTELLA, J. L. C. O cultivo da chia no Brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 161-179, 2014.
- MOHD, A. N.; YEAP, S. K.; WO, W.Y.; BEH, B. K.; TAN, S. W.; TAN, S. G. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, Selangor, v. 2, p. 1-9, 2012.
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, v. 108, p. 216-224, 2012.
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. **Food Reviews International**, v. 29, p. 394–408, 2013.
- OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; VIEIRA, F. E. R.; PAIVA, E. P.; DUTRA, A. S. Qualidade fisiológica de sementes de girassol avaliadas por condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 279-287, 2012.
- PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; SÁ, F. V. S.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; LEITE, M. S. Light regime and temperature on seed germination in *Salvia hispanica* L. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 513-519, 2016.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M.; CORREAL, E.; MOLINA, E.; MARTÍNEZ, J. Evaluación y selección de especies vegetales productoras de compuestos naturales con actividad insecticida. Proyecto Nº SC94-039, Murcia: Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), 1997.
- PEIRETTI, P. G.; GAI, F. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. **Animal Feed Science and Technology**, v. 14, n. 8, p. 267-275, 2009.
- PIZARRO, P. L.; ALMEIDA, E. L.; SAMMÁN, N. C.; CHANG, Y. K. Evaluation of whole chia (Salvia hispanica L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **Food Science and Technology**, n. 54, p. 73-79, 2013.
- QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; VASCONCELLOS, J. H.; RODRIGUES, J. A. S. **Análise sensorial de um protótipo de barra de cereais elaborada com pipoca de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, 2008. p. 65-85. (Comunicado Técnico, n. 164).
- REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M.A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 656-663, 2008.
- RODRIGUES, M. B. C.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A.; CARVALHO, R. Préhidratação em sementes de soja e eficiência do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v .28, n. 2, p. 168-181, 2006.
- SALGADO-CRUZ, M.; CEDILLO-LÓPEZ, D.; BÉLTRAN, O. M. Estudio de las propiedades funcionales de la semilla de chía (*Salvia hispanica*) y de la fibra dietaría obtenida de la misma. **Revista Salud Pública y Nutrición**, Guanajuato, Edición especial, n. 13, 2005.
- SANTORUM, M.; NÓBREGA, L. H. P.; SOUZA, E. G.; SANTOS, D.; MAULI, M. M. Comparison of tests for the analysis of vigor and viability in soybean seeds and their relationship to field emergence. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n.1, p. 83-92, 2013.

- SARGI, C. S.; SILVA, B. C.; SANTOS, H. M. C.; MONTHANHER, P. F.; BOEING, J. S.; SANTOS JÚNIOR, O. O; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, I. V. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 3, p. 541-548, 2013.
- SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. Vigor tests to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. 'Sertanejo'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 3, p. 1-7, 2017.
- STEFANELLO, R.; NEVES, L. A. S.; ABBAD, M. A. B.; VIANA, B. B. Germinação e vigor de sementes de chia (*Salvia hispanica* L. Lamiaceae) sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 1169-117, 2015a.
- STEFANELLO, R.; NEVES, L. A. S.; ABBAD, M. A. B.; VIANA, B. B. Resposta fisiológica de sementes de chia (*Salvia hispanica* Lamiales: Lamiaceae) ao estresse salino. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, n. 4, p.35-39, 2015b.
- STRINGHETA, P. G; OLIVEIRA, T. T; GOMES, R. C; AMARAL, M. P. H; CARVALHO, A. F; VILELA, M. A. P. Políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais e de saúde para alimentos no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 2, p. 181-194, 2007.
- SOUSA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.
- THE CHIA COMPANY TCC. Application for the authorization of chia seed from Salvia hispanica L, for consumption as a food and an ingredient in additional food groups. The European Parliament and of the Council of 258/97, 2011. 23 p.
- TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.
- TOSCO, G. Os benefícios da "chia" em humanos e animais. **Revista Atualidades Ornitológicas**. México, n. 119, maio/junho 2004.
- TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; BARBIERI, A. P. P.; CONCEIÇÃO, G. M.; ROETHING, E.; MUNIZ, M. F. B.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 12-17, 2011.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA. **Full report (all nutrients): 12006 Seeds, chia seeds, dried**. 2002. Disponível em: <a href="http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome">http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome</a>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- \_\_\_\_\_. USDA. **Food Composition Databases Show Foods Seeds, chia seeds**. 2011. Disponível em: <a href="http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome">http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome</a>>. Acesso em: 9 dez. 2016. Food Composition Databases Show Foods Seeds, chia seeds.
- \_\_\_\_. USDA. **Plant Guide** 2014. Disponível em: <a href="http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome">http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome</a>. Acesso em: 7 dez. 2016.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 164p., 1994.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina - PR: ABRATES, 1999. p.1, 4, 26.

YAO, W.; LI, J.; WANG, J.J.; ZHOU, W. WANG, Q.; ZHU, R.; WANG, F.; THACKE, P. Effects of dietary ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids on immunoglobulins, cytokines, fatty acid composition, and performance of lactating sows and suckling piglets. **Journal of animal Science and Biotechnology**, Beijing, v. 3, n. 1, p. 43, 2012.

# ARTIGO 1 METODOLOGIA PARA CONDUÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CHIA<sup>1</sup>

#### **RESUMO**

A chia (Salvia hispanica L.) é uma oleaginosa de origem mexicana, cultivada e consumida pelos Maias e Astecas desde a antiguidade, por fornecer energia, força e disposição. Esta semente é uma fonte natural de ômega-3, ômega-6, fibras, proteínas, vitaminas, além de outros componentes nutricionais importantes. Como a qualidade fisiológica é fator imprescindível para produção significativa de grãos e sementes, e a demanda por essas tem-se mostrado expressiva a cada ano, além de serem poucos os trabalhos encontrados sobre metodologias para análise de sementes dessa espécie, faz-se necessário esse estudo. Dessa forma, objetivou-se determinar a metodologia quanto à temperatura, ao substrato e ao fotoperíodo para o teste de germinação em sementes de chia. Após a determinação da massa de 100 sementes e do grau de umidade, o teste de germinação foi realizado com variações de temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, nos substratos sobre papel, entre papel e entre areia, com presença ou ausência de luz. Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação (G), Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) e Velocidade média de germinação (VMG). A curva de absorção de água também foi realizada em três temperaturas (20, 25 e 30 °C). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial triplo 7 x 3 x 2 (temperaturas x substratos x fotoperíodo), com quatro repetições. Nas condições testadas, concluiu-se que sementes de chia podem ser germinadas em substratos de papel e areia, com presença ou ausência de luz, nas temperaturas de 15 a 35 °C. Assim, foram registradas elevadas taxas de porcentagem de germinação.

Palavras-chave: fotoperíodo, Salvia hispanica, substrato, temperatura.

Artico appliedo para publicação pala Chilean Java

Artigo enviado para publicação pelo Chilean Journal of Agricultural Research.

# PAPER 1 METHODOLOGY FOR GERMINATION TEST PERFORMANCE OF CHIA SEEDS

#### **ABSTRACT**

Chia (Salvia hispanica L.) is a Mexican oleaginous plant, cropped and consumed by Maya and Aztec peoples since ancient times in order to provide energy, strength and vitality. It is a natural source of omega-3, omega-6, fiber, protein, vitamins, and other important nutritional components. As its physiological quality is an essential parameter for significant yield in grains and seeds, chia demand has increased every year. In addition, this study is essential because there are few studies concerning methodologies to analyze seeds of this specie. Thus, this trial aimed at determining the methodology for temperature, substrate and photoperiod for germination test in chia seeds. Firstly, mass of 100 seeds and moisture content were determined then germination test was carried out at 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C, on paper, between paper and in sand as substrates, with or without light presence. The results were expressed in germination percentage (G), germination speed index (GSI), average germination period (AGP) and average germination speed (AGS). The water absorption curve was also determined at three temperatures (20, 25 and 30 °C). This experiment was carried out in a completely randomized design, with treatments distributed in a 7 x 3 x 2 triple factorial design (temperatures x substrates x photoperiod), with four replications. According to the tested conditions, it was concluded that chia seeds can germinate despite both paper and sand substrates, with or without light, from 15 to 35 °C, thus, achieving high rates of germination percentage.

Keywords: photoperiod, Salvia hispanica, substrate, temperature.

## INTRODUÇÃO

A chia é uma planta herbácea anual e foi um dos alimentos básicos das civilizações da América Central, nativa do sul do México e do norte da Guatemala. Estava entre as principais culturas produzidas por civilizações mesoamericanas antigas, por milhares de anos (CAPITANI et al., 2012; REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

A chia foi o terceiro alimento mais importante para os astecas, na época de Hernán Cortez - 1485-1547, atrás do milho e feijão e na frente do amaranto. Devido a suas qualidades nutricionais, tem sido uma das principais culturas na Mesoamérica (USDA, 2011).

A cada ano, o consumo de sementes de chia tem se tornado cada vez mais importante para a saúde humana, devido ao seu elevado teor de ômega 3 e ácidos graxos, e tem demonstrado diversos efeitos benéficos para a saúde (AYERZA; COATES, 2011).

O maior interesse nas sementes de chia se deve ao seu teor de ácidos linoleico e alfa-linoleico (AYERZA, 2009; MOHD et al., 2012), pois auxiliam as funções imunológicas, inibem a proliferação de linfócitos e citocininas pró-inflamatórias, mantêm a integridade das membranas celulares e de neurotransmissores e atuam na prevenção de doenças cardiovasculares (YAO et al., 2012; LUDWIG et al., 2013).

Diversos estudos já foram realizados quanto aos valores nutricionais e medicinais das sementes de chia. No entanto, em relação ao aspecto agronômico e quanto à tecnologia de sementes os estudos ainda são escassos. Não existem métodos padronizados de análises para verificar a qualidade de sementes de chia, pois não foram definidas metodologias para esta espécie nas *Regras para Análise de Sementes, do* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009) ou por organismos internacionais, como o *International Seed Testing Association* (ISTA, 2013), sendo assim, é difícil avaliar a qualidade de suas sementes.

O sucesso do estabelecimento das plantas depende primordialmente do processo germinativo das sementes (GORAI; NEFFATI, 2007). A germinação é uma das fases cruciais no ciclo de vida das plantas e fatores como temperatura, salinidade, luz e umidade do solo podem influenciar na germinação (EL-KEBLAWY; AL-RAWAI, 2006; GORAI; NEFFATI, 2007).

Considerando o processo de germinação das sementes, deve-se levar em conta que os fatores que afetam esse processo necessitam de condições internas e externas ideais, para que a semente tenha ótimo índice germinativo. Dentre as condições favoráveis, o fator que exerce influência considerável, durante o processo de germinação, é a água, pois sua absorção pela semente reflete na reidratação dos tecidos, resultando no aumento da

respiração e influencia em atividades metabólicas fornecendo a energia que possibilita o crescimento do eixo embrionário. O processo de absorção, devido à entrada de água na semente, causa o aumento de volume, sendo que este provoca o rompimento do tegumento, facilitando e contribuindo para o sucesso da germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Entre os fatores ambientais que podem afetar significativamente o processo germinativo está a temperatura, que afeta a velocidade e a percentagem de germinação, influenciando, principalmente, na absorção de água pela semente e em todas as reações bioquímicas e processos fisiológicos que determinam à germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009). Existe uma faixa de temperatura ótima para cada espécie, que possibilita maior eficiência na percentagem germinativa em conjunto com a maior velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2015).

Outro fator limitante e decisivo para a germinação das sementes é a luz (SEO et al., 2009; SOCOLOWSKI; VIEIRA; MASSANORI, 2008). A intensidade, o comprimento de onda e o fotoperíodo são variáveis conhecidas por exercerem efeito sobre a germinação de sementes que possuem dormência (COPELAND; MCDONALD, 2001). As sementes que necessitam da presença de luz para germinar são denominadas fotoblásticas positivas e quando necessitam da ausência de luz, fotoblásticas negativas; quando a luz não interfere no processo germinativo, podem ser chamadas fotoblásticas neutras ou não fotoblásticas (MAYER; POLJAKOFF MAYBER, 1989; VÁZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1993).

O substrato é um fator complexo que pode influenciar de diversas maneiras o processo germinativo e pós-germinativo. A escolha do material a ser utilizado como substrato, deve considerar o tamanho da semente, a exigência desta em relação à umidade e à luz, capacidade de absorção e retenção de água, aeração e drenagem, ausência de pragas, doenças e substâncias tóxicas e oferecer facilidade para a avaliação das plântulas (BRASIL, 2009).

Baseado no exposto, o presente trabalho objetivou avaliar as melhores condições para o teste de germinação de sementes de chia, expressando resultados em porcentagem de germinação (G), Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) e Velocidade média de germinação (VMG), quanto a diferentes temperaturas, substratos e fotoperíodos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel – PR, no ano de 2015. Sementes não tratadas de chia, produzidas no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias – CEDETEC, pertencente ao Centro Universitário FAG, Cascavel – PR, no ano safra 2013/2014 e colhidas em julho de 2014, foram acondicionadas em caixas plásticas transparentes (Gerbox) e armazenadas sob temperatura ambiente, durante o período do experimento.

Para a determinação da qualidade física das sementes foram realizadas avaliações da massa de 100 sementes e do grau de umidade. Foram adaptadas e avaliadas metodologias para testes de germinação de sementes para *Salvia spp.* (BRASIL, 2009).

Os tratamentos para avaliação da germinação consistiram em três substratos (sementes sobre papel, sementes entre papel e areia), sete temperaturas (10, 15, 20, 25, 20, 35 e 40 °C) e dois fotoperíodos (com 12 horas de luz e 24 horas de escuro).

Para os substratos de papel foram utilizadas caixas tipo gerbox e duas folhas de papel filtro de gramatura 250 gm², umedecidas com água destilada, 2,5 vezes a massa do papel. 50 sementes de chia foram semeadas manualmente em cada caixa, totalizando quatro repetições por tratamento. Para o substrato entre papel, foi realizado o mesmo processo já descrito e, após a semeadura, foi adicionada sobre as sementes uma folha de papel filtro de gramatura 250 gm² umedecida. Para o substrato com areia, foi adicionada a areia peneirada e levada às caixas, na sequência foram semeadas 50 sementes por repetição e, em seguida, cobertas com uma fina camada de areia. Para o controle das temperaturas e do fotoperíodo foram utilizadas câmaras de Biochemical Oxygen Demand (BOD) com fotoperíodo. As avaliações foram diárias, iniciando no segundo dia após semeadura, sendo realizadas até o quinto dia. Os resultados foram expressos em porcentagem, calculadas pela fórmula  $G = (N/100) \times 2$ , em que: N = número de sementes germinadas ao final do teste. Com os valores diários foram determinados o Índice de velocidade de germinação - IVG pela fórmula IVG = ∑ (ni /ti ), em que: ni = número de sementes que germinaram no tempo 'i'; ti = tempo após instalação do teste; i = 1  $\rightarrow$  5 dias, com unidade: adimensional (MAGUIRE, 1962); Tempo médio de germinação - TMG calculado pela fórmula TMG =  $(\sum ni \ ti)/\sum ni$ , em que ni = número de sementes germinadaspor dia; ti = tempo de incubação; i = 1 → 5 dias, com unidade em dias (LABOURIAU, AGUDO, 1987); a Velocidade média de germinação - VMG foi calculada pela fórmula VMG = 1/t em que: t = tempo médio de germinação, com unidade em dias-1 (EDMOND; DRAPALA, 1958).

Para a curva de absorção foram utilizadas quatro subamostras de 10 sementes, em cada temperatura. As sementes ficaram dispostas em placas de Petri, sobre duas folhas de papel filtro umedecido com 6 mL de água destilada. Essas sementes permaneceram em câmara de crescimento (BOD) a 20, 25 e 30 °C, durante o tempo de embebição. Em seguida, foram retiradas da placa de Petri e dispostas sobre papel toalha para retirar o excesso da água. Foram pesadas em intervalos de 15 minutos na primeira hora; em intervalos de 30 minutos na segunda hora; em intervalos de 1 hora nas quatro horas seguintes e de 3 horas até completar 12 horas, para determinação do ganho de massa de cada semente, ou seja, a quantidade de água absorvida. Os resultados foram expressos em gramas e os dados submetidos à análise de regressão polinomial para obtenção da equação de absorção de água (NÓBREGA, 1993; NUNES et al., 2015).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial triplo 7 x 3 x 2 (temperaturas x substratos x fotoperíodo), com quatro repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise de variância e o teste das médias foram realizados segundo técnicas do *software* Assistat, versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes dos tratamentos, foram determinados o grau de umidade e a massa de cem sementes, ajustados para massa de mil sementes, obtendo-se 8,4% e 1,3 g, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados os valores resultantes da análise de variância e a interação entre os fatores temperatura, fotoperíodo e substrato para dados de germinação, IVG, TMG e VMG de sementes de chia.

**Tabela 1** Análise de variância do teste de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio e velocidade média de germinação para sementes de chia em sete temperaturas, dois fotoperíodos e três substratos

Fonte			p-\	/alor	
de Variação	GL	Germ (%)	IVG	TMG (dias)	VMG (dias-1)
Temp.	6	673,2703**	535,6208**	702,9918 **	638,2941 **
Fotop.	1	0,3155 ns	124,0702**	314,8569 **	169,8783 **
Subs.	2	2,1237**	19,0156**	22,4501 **	26,1501 **
Temp. x Fotop.	6	957,1356**	261,2130**	930,6334 **	330,4401 **
Temp. x Subs.	12	2,8455**	4,0080**	6,1144 **	7,5946 **
Fotop. x Subs.	2	3,5214*	2,0038 ns	7,2787 **	1,7976 ns
Temp. x Fotop x Subs.	12	2,5464**	2,1349*	1,4932 ns	2,5048 **
Resíduo	126				
CV (%)		41,30	54,96	57,25	53,71

Notas: Germ.: Germinação; Temp.: Temperatura; Fotop: Fotoperíodo; Subs: Substrato; CV: Coeficiente de variação, IVG: Índice de velocidade de germinação, TMG: Tempo médio de germinação; VMG: Velocidade média de germinação.

Quando os fatores foram analisados separadamente, apenas a porcentagem de germinação não foi afetada significativamente pelo fotoperíodo. Já para as demais variáveis foi observada diferença significativa. Na interação temperatura x fotoperíodo e temperatura x substrato foi verificada diferença significativa em todos os parâmetros, indicando que os três fatores são dependentes. Na interação fotoperíodo x substrato, os parâmetro IVG e VMG não apresentaram diferença significativa. A análise de variância evidencia também que houve interação tripla entre os fatores temperatura x fotoperíodo x substrato para porcentagem, IVG e VMG de germinação em sementes de chia.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia submetidas à variação de fotoperíodo, substrato e temperatura.

<sup>\*:</sup> Significativo a 5%; \*\*: Significativo a 1%.

**Tabela 2** Porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia, considerando a interação fotoperíodo x substrato, nas sete temperaturas

Fotop.	-			Ten	nperatura (°C)				
Subs		10	15	20	25	30	35	40	Médias
L/SP		98aA	98aA	97aA	98aA	97aA	99aA	0bB	98
L/EP		95aA	97aA	92aA	95aA	99aA	94aA	0bB	95
L/EA	Germ	94aA	98aA	98aA	98aA	99aA	78bB	0cB	94
E/SP	(%)	0bB	97aA	92aA	96aA	98aA	92aA	96aA	95
E/EP		0bB	95aA	98aA	98aA	98aA	98aA	99aA	98
E/EA		0bB	94aA	100aA	93aA	97aA	93aA	96aA	96
	Médias	48	97	96	96	98	92	49	
L/SP		16,1dA	24,2cA	23,8cA	37,4bBC	46,8aA	47,9aA	0eC	37,7
L/EP		15,4dA	23,9cA	21,9cA	39,2bABC	47,6aA	41,8abB	0eC	31,6
L/EA	IVG	16,2dA	23,5cA	24,4cA	33,5bCD	44,4aA	34,3bC	0eC	29,4
E/SP		0dB	23,1cA	22,3cA	41,8bAB	48,0aA	44,7abAB	47,6abAB	37,9
E/EP		0cB	22,6bA	24,1bA	44,6aA	47,4aA	46,6aAB	48,2aA	38,9
E/EA		0dB	19,5cA	24,9cA	33,0bD	44,9aA	42,3aAB	41,8aB	34,4
	Médias	8,0	22,8	23,6	38,3	46,6	43,1	45,9	
L/SP		3,1	2,0	2,0	1,5	1,1	1,1	0	1,8
L/EP		3,1	2,0	2,2	1,4	1,1	1,2	0	1,8
L/EA	TMG	2,9	2,1	2,0	1,7	1,2	1,3	0	1,9
E/SP	(dias)	0	2,1	2,1	1,3	1,0	1,1	1,0	1,4
E/EP		0	2,1	2,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,4
E/EA		0	2,6	2,0	1,6	1,2	1,2	1,3	1,7
	Médias	1,52	2,2	2,1	1,5	1,1	1,2	0,6	
L/SP		0,3dA	0,5cA	0,5cB	0,7bBC	0,9aAB	0,9aA	0eC	0,6
L/EP		0,3dA	0,5cAB	0,5cB	0,7bB	0,9aAB	0,8abABC	0eC	0,6
L/EA	VMG	0,3dA	0,5cAB	0,5cB	0,6bC	0,8aC	0,8aC	0eC	0,6
E/SP	(dias <sup>-1</sup> )	0dB	0,5cAB	0,5bAB	0,8bAB	0,9aA	0,9aA	0,9aA	0,8
E/EP	, ,	0cB	0,5bAB	0,5bB	0,9aA	0,9aAB	0,9aAB	0,9aA	0,8
E/EA		0dB	0,4cB	0,6bA	0,6bC	0,8aBC	0,8aBC	0,8aB	0,7
	Médias	0,5	0,6	0,5	0,7	0,9	0,9	0,4	

**Notas**: Fotop.: Fotoperíodo; Subs.: Substrato; L: Luz; E: Escuro; SP: Sobre papel; EP: Entre papel; EA: Entre areia; Germ.: Porcentagem de germinação; IVG: Índice de velocidade de germinação; TMG: Tempo médio de germinação; VMG: Velocidade média de germinação.

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, para cada fator avaliado, indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de germinação foi afetada estatisticamente pela interação tripla, na presença de luz, apenas no substrato entre areia a 35 °C (78%). Para as temperaturas de 10, 15, 20, 25 e 30 °C as médias foram estatisticamente iguais. A porcentagem de germinação na interação escuro e substrato não foi significativa nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, não diferindo estatisticamente entre si.

As sementes de chia são indiferentes quanto ao fotoperíodo e a germinação pode ocorrer na presença ou ausência de luz. A ocorrência de germinação sob diferentes condições de luz pode ser devido ao fitocromo, forma ativa presente nas sementes em quantidade suficiente para induzir o processo germinativo (MARCOS FILHO, 2015).

Sementes a 40 °C com presença de luz e sementes germinadas no escuro na menor temperatura (10 °C), não germinaram, independente do substrato. Isto indica que, para as sementes de chia, temperaturas de 15 a 35 °C são a faixa ótima para a germinação.

Segundo Labouriau e Agudo (1987), sementes de chia apresentam diferentes respostas com relação à temperatura e luz. Os limites extremos de temperatura são 3,3±0,4 °C e 39,8±0,4 °C, demonstrando assim que as baixas temperaturas limitam a germinação das sementes, mesmo estando perto dos limites inferiores de algumas plantas tropicais tolerantes ao frio. Altas temperaturas também limitam a germinação, sendo maiores que os valores das plantas de clima temperado (20-25 °C). Assim, conclui-se que a chia se situa entre as plantas tropicais e as plantas temperadas. O que pode estar diretamente relacionado à origem geográfica da espécie.

Para o índice de velocidade de germinação foi observada interferência dos fatores fotoperíodo e substrato nas temperaturas de 25 a 40 °C. Os maiores índices foram verificados quando as sementes germinaram no escuro sobre papel na temperatura 30 °C (48,0) e no escuro entre papel a 40 °C (48,2).

Como observado anteriormente, a interação ausência de luz e substratos de papel na temperatura de 40 °C apresentou valores altos de IVG. No entanto, temperaturas baixas como 10 °C, com ausência de luz, e temperaturas altas (40 °C), na presença de luz, não apresentaram germinação. Como observado neste estudo, altas temperaturas podem, portanto, ter efeitos prejudiciais sobre a germinação de sementes (OLIVEIRA et al., 2014).

Em relação ao tempo médio de germinação (TMG), a interação tripla não foi significativa. Resultados diferentes foram encontrados por Paiva et al. (2016), os quais observaram que os maiores tempos médios de germinação de sementes de chia foram obtidos em condições de escuridão, independente da temperatura, variando de 3,33-4,41 dias para a germinação, já sob a condição de luz constante, o menor tempo médio de germinação foi a 30 °C: 2,59 dias.

Para a velocidade média de germinação (VMG) foram verificados resultados estatísticos semelhantes ao IVG, sendo que nas temperaturas de 30 e 35 °C, na presença e ausência de luz, e no escuro a 40 °C, a germinação foi mais rápida, diferindo estatisticamente das demais.

Não foi observada diferença significativa para a porcentagem de germinação nas temperaturas 15, 20, 25 e 30 °C, quando associadas ao fotoperíodo e substrato. Os IVGs, nas temperaturas 10, 15 e 25 °C, foram iguais entre si, diferindo estatisticamente dos demais, independente do fotoperíodo e do substrato. Já a interação tripla para a velocidade média de germinação foi significativa, com tratamentos diferindo estatisticamente entre si.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de chia submetidas à variação de temperatura, fotoperíodo e substrato.

**Tabela 3** Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x fotoperíodo, nos três substratos

	Gern	ninação (%)				[/	/G	
Temperatura				S	ubstrato			
X	SP	EP	EA	Médias	SP	EP	EA	Médias
Fotoperíodo								
10xL	98Aa	95aA	94aA	96	16,1dA	15,4dA	16,2dA	15,9
10xE	0bA	0bA	0cA	0	0eA	0eA	0eA	0
Médias	49	48	47		8,1	7,7	8,1	
15xL	98aA	97aA	98aA	98	24,2cA	23,9cA	23,5cA	23,9
15xE	97aA	95aA	94aA	95	23,1cdA	22,7cA	19,5cdA	21,8
Médias	98	96	96		23,7	23,3	21,5	
20xL	97aA	92aA	98aA	96	23,8cA	21,9cdA	24,4cA	24,4
20xE	92aB	98aA	100aA	97	22,3cdA	24,1cA	24,9cA	23,8
Médias	95	95	99		23,1	23,0	24,7	
25xL	97aA	95aA	98aA	97	37,4bAB	39,2cA	33,5bB	36,7
25xE	96aA	98aA	93aA	96	41,8abA	44,6abA	33,0bB	39,8
Médias	97	97	96	•	39,6	41,9	33,3	
30xL	97aA	99aA	99aA	93	47,8aA	47,6aA	44,4aA	46,6
30xE	98aA	98aA	97aA	98	48,0aA	47,4aA	44,9aA	46,8
Médias	98	99	98		47,9	57,5	44,7	
35xL	99aA	94aA	78bB	90	47,9aA	41,8abB	34,3bC	41,3
35xE	92aA	98aA	93aA	94	44,7aA	46,6aA	42,3aA	44,5
Médias	96	96	86		46,3	44,2	38,2	
40xL	0bA	0bA	0cA	0	0eA	0eA	0eA	0
40xE	96aA	99aA	96aA	97	47,6aA	48,3aA	41,8aB	45,9
Médias	48	50	48		23,8	24,2	20,9	

**Notas**: L: Luz, E: Escuro; SP: Sobre papel; EP: Entre papel; EA: Entre areia; IVG: Índice de velocidade de germinação.

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O maior valor de porcentagem de germinação (100%) foi quando as sementes foram submetidas a 20 °C, no escuro, entre areia. Os valores mais próximos foram verificados nas sementes germinadas a 30 °C, com luz, tanto na areia como entre papel, a 35 °C com luz sobre papel, e a 40 °C no escuro entre papel, apresentando 99% de germinação. Observa-se, portanto, com os resultados obtidos neste estudo, que sementes de chia, além de serem indiferentes ao regime de luz, germinam facilmente, tanto na areia como no papel e em ampla faixa de temperatura. Paiva et al. (2016) verificaram que a temperatura ideal para a germinação de sementes de chia é de 25 °C ou alternadas 25-30 °C e que, mesmo sendo indiferentes ao regime de luz, as plântulas de chia crescem e acumulam maior quantidade de matéria seca na presença da luz. Resultados diferentes foram obtidos por Stefanello et al. (2015), que observaram que o fotoperiodo (presença ou ausência de luz) e as temperaturas (20, 25 e 30 °C) não influenciaram o índice de velocidade de germinação de sementes de *Salvia hispanica*.

Os maiores índices de velocidade de germinação ficaram nas temperaturas de 30 e 35 °C, tanto na presença de luz como no escuro, nos três substratos avaliados, bem como, a 40 °C no escuro independente do substrato.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia, submetidas à variação de temperatura, fotoperíodo e substrato.

**Tabela 4** Tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x fotoperíodo, nos três substratos

Temperatura		TMG (	dias)			V	/MG (dias	1)
X			• • • •	,	Substrato		•	
Fotoperíodo	SP	EP	EA	Médias	SP	EP	EA	Médias
10xL	3,1	3,1	2,9	3,0	0,3dA	0,3dA	0,3eA	0,3
10xE	0	0	0	0	0eA	0eA	0,5dA	0,2
Médias	1,6	1,6	1,5		0,2	0,2	0,4	
15xL	2,0	2,0	2,1	2,0	0,5cA	0,5cA	0,5dA	0,5
15xE	2,2	2,1	2,6	2,3	0,5cA	0,5cA	0,4deA	0,5
Médias	2,1	2,1	2,4		0,5	0,5	0,5	
20xL	2,1	2,2	2,0	2,1	0,5cA	0,5cA	0,5cdA	0,5
20xE	2,1	2,0	2,0	2,0	0,5cB	0,5cB	0,6bcA	0,5
Médias	2,1	2,1	2,0		0,5	0,5	0,6	
25xL	1,5	1,4	1,7	1,5	0,7bA	0,8bA	0,6bcB	0,7
25xE	1.3	1,2	1,6	1,4	0,8bA	0,9abA	0,6bB	0,8
Médias	1,4	1,3	1,7		0,8	0,9	0,6	
30xL	1,1	1,1	1,2	1,1	0,9aA	0,9aA	0,8aB	0,9
30xE	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9aA	0,9aA	0,8aB	0,9
Médias	1,1	1,1	1,2		0,9	0,9	0,8	
35xL	1,1	1,2	1,3	1,2	0,9aA	0,8abB	0,8aB	0,8
35xE	1,1	1,1	1,2	1,1	0,9aA	0,9aAB	0,8aB	0,9
Médias	1,1	1,2	1,3		0,9	0,9	0,8	
40xL	0	0	0	0	0eA	0eA	0fA	0
40xE	1,0	1,1	1,3	1,1	0,9aA	0,9aA	0,8aB	0,9
Médias	0,5	0,6	0,2		0,5	0,5	0,4	

Notas: L: Luz; E: Escuro; SP: Sobre papel; EP: Entre papel; EA: Entre areia; TMG: Tempo médio de germinação; VMG: Velocidade média de germinação.

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A interação tripla não foi significativa para o tempo médio de germinação. A porcentagem de germinação, o IVG e a VMG apresentaram diferença significativa na associação temperatura, fotoperíodo e substrato. Em todos os parâmetros, a associação temperatura 10 °C e ausência de luz, independente dos substratos, não apresentou germinação. Igualmente, na temperatura de 40 °C, no escuro e em todos os substratos, também não ocorreu germinação.

Os maiores valores de velocidade média foram verificados a 30 e 35 °C nos substratos de papel e areia, nos dois fotoperíodos, sendo estatisticamente iguais, bem como a 40 °C no escuro, nos três substratos.

A porcentagem, o índice de velocidade e a velocidade média de germinação sofreram influência negativa na associação da temperatura a 10 °C com os diferentes substratos e ausência de luz. Os mesmos parâmetros foram afetados, da mesma forma, a 40 °C, na presença de luz, em todos os substratos. Esses resultados corroboram os de

Labouriau e Agudo (1987), que destacaram que as sementes de chia são consideradas fisiologicamente heterogêneas, contendo subpopulações fotoblásticas positivas a 15 °C e subpopulações fotoblásticas negativas a 35 °C. No entanto, entre 20 e 31 °C a germinação é indiferente à luz, o que foi confirmado neste trabalho.

Os substratos não interferiram significativamente nos parâmetros avaliados quando associados a 10 °C de temperatura com presença de luz, a 15 °C nos dois fotoperíodos, e a 20 °C com luz, resultando em médias estatisticamente iguais.

Resultados diferentes foram encontrados por Pilau et al. (2012), os quais verificaram que o uso de substrato de papel sob temperaturas menores a 20° C subestimam o potencial germinativo das sementes de crambe e que substratos de papel Germitest e solo argiloso + areia são adequados para realização do teste de germinação, desde que observada a temperatura de execução que, no caso do crambe, foi definida como 25 °C o ideal para a germinação de sementes.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia submetidas à variação de temperatura, substrato e fotoperíodo.

**Tabela 5** Porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação de sementes de chia considerando a interação temperatura x substrato, nos dois fotoperíodos

Temp	Germin	ação (%)			IVG			TMG	(dias)		VMG (	dias <sup>-1</sup> )
(°C) X						Fotoper	íodo	,	,			
Subs	Luz	Escuro	Médias	Luz	Escuro	Médias	Luz	Escuro	Médias	Luz	Escuro	Médias
10xSP	98aA	0Bb	98	16,1fgA	0dB	16,1	3,1	0	3,1	0,3hA	0gB	0,3
10xEP	95aA	0bB	95	15,4gA	0dB	15,4	3,1	0	3,1	0,3hA	0gB	0,3
10xEA	94aA	0bB	94	16,2fgA	0dB	16,2	2,9	0	2,9	0,3ghA	0gB	0,3
Médias	96	0		15,9	0		3,0	0		0,3	0	
15xSP	98aA	97aA	98	24,2eA	23,1cA	23,7	2,0	2,1	2,1	0,5efA	0,5fA	0,5
15xEP	97aA	95aA	96	23,9eA	22,6cA	23,3	2,0	2,1	2,1	0,5efA	0,5fA	0,5
15xEA	98aA	94aA	96	23,5efA	19,5cA	21,5	2,1	2,6	2,4	0,5efA	0,4fB	0,5
Médias	98	95		23,9	21,7		2,0	2,3		0,5	0,5	
20xSP	97aA	92aA	95	23,8eA	22,3cA	23,1	2,0	2,1	2,1	0,5efA	0,5fA	0,5
20xEP	92aA	98aA	95	21,9efgA	24,1cA	23,0	2,2	2,0	2,1	0,5fgA	0,5efA	0,5
20xEA	98aA	100aA	99	24,4eA	24,9cA	24,7	2,0	2,1	2,1	0,5dfB	0,6deA	0,6
Médias	96	97		23,4	23,8		2,0	2,1		0,5	0,5	
25xSP	98aA	96aA	97	37,4bcdB	41,7aA	39,6	1,5	1,3	1,4	0,7cdB	0,8cA	0,8
25xEP	95aA	98aA	97	39,2bcdB	44,6aA	41,9	1,4	1,2	1,3	0,7bcB	0,8abcA	0,8
25xEA	98aA	93aA	96	33,5dA	33,0bA	33,3	1,7	1,6	1,7	0,6deA	0,6dA	0,6
Médias	97	96		36,7	39,8		1,5	1,4		0,7	0,7	
30xSP	97aA	98aA	98	46,8aA	48,0aA	47,4	1,1	1,0	1,1	0,9aA	0,9abA	0,9
30xEP	99aA	98aA	99	47,6aA	47,4aA	47,5	1,1	1,1	1,1	0,9aA	0,9abA	0,9
30xEA	99aA	97aA	98	44,4abA	44,6aA	44,5	1,2	1,2	1,2	0,8abcA	0,8bcA	0,8
Médias	98	98		46,3	46,6		1,1	1,1	-	0,9	0,9	
35xSP	99aA	92aB	96	47,9aA	44,7aA	46,3	1,1	1,1	1,1	0,9aA	0,9abA	0,9
35xEP	94aA	98aA	96	41,8abcB	46,6aA	44,2	1,2	1,1	1,2	0,8abA	0,9abcA	0,9
35xEA	78bB	94aA	86	34,3cdB	42,3aA	38,3	1,3	1,2	1.3	0,8bcA	0,8bcA	0,8
Médias	90	95		41,3	44,5		1,2	1,2		0,8	0,9	
40xSP	0cB	96aA	48	0hB	47,6aA	23,8	0	1,0	0,5	0iB	1,0aA	0,5
40xEP	0cB	99aA	50	0hB	48,3aA	24,2	0	1,1	0,5	0iB	0,9abA	0,5
40xEA	0cB	96aA	48	0hB	41,8aA	20,9	0	1,3	0,7	0iB	0,8cA	0,4
Médias	0	97		0	45,9		0	1,1		0	0,9	

**Nota**: Temp.: Temperatura; Subs.: Substrato; SP: Sobre papel; EP: Entre papel; EA: Entre areia; IVG: Índice de velocidade de germinação; TM: Tempo médio; VM: Velocidade média.

Médias gerais diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de germinação foi afetada negativamente na interação de 10 °C no escuro, e 40 °C com luz, em todos os substratos, não apresentando valores de porcentagem, índice de velocidade, tempo médio e velocidade média de germinação.

Sementes germinadas a 30 °C sobre papel e entre papel e a 35 °C sobre papel apresentaram os maiores índices de velocidade de germinação (46,8; 47,6 e 47,9, respectivamente), apresentando maior vigor, quando na presença de luz. Resultados semelhantes foram observados por Stockman et al. (2007), em que a temperatura e o substrato interferiram na germinação das sementes de ipê-branco e a condição mais favorável para o teste de germinação dessas sementes foi de 30°C em substrato papel e com fotoperíodo de 8 horas diárias. Sementes germinadas a partir de 25 °C, independentes do substrato, sem presença de luz, também apresentaram elevados índices de velocidade

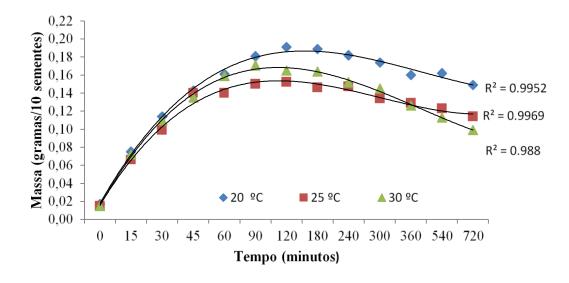
de germinação de sementes dos quais os maiores foram observados a 30 °C sobre papel (48,00) e a 40 °C entre papel (48,2).

A interação tripla não foi significativa para o tempo médio de germinação. A velocidade média de germinação foi influenciada positivamente aos 30 °C nos substratos de papel e 35 °C sobre papel, na presença de luz, e a 40 °C, sobre papel, no escuro. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Santos Neto et al. (2008), os quais verificaram que sementes de poejo-do-brejo expostas a temperaturas mais elevadas apresentam maior velocidade de germinação.

O fotoperíodo não afetou significativamente os parâmetros estudados nas temperaturas de 15 e 20 °C, nos substratos de papel, 25 °C, na areia e a 30 °C, independentemente dos substratos. Da mesma forma, Martins et al. (2007) verificaram que sementes de *Chenopodium ambrosioides* (erva de Santa Maria) podem ser classificadas como insensíveis à luz, pois germinam tanto na ausência como na presença de luz.

Segundo as *Regras para Análise de Sementes*, estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, existem intervalos de 20-30 °C para a germinação de sementes de *Salvia spp* (BRASIL, 2009). Ao comparar os resultados analisados no presente trabalho, as faixas mais adequadas de temperatura ficaram dentro dessa recomendação. Porém, para cada espécie, como comprovado por vários autores aqui citados, existem condições mais adequadas para a germinação das sementes e especificidades decorrentes de cada espécie, fazendo-se necessário o conhecimento destas características.

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de absorção de água pelas sementes de chia em três temperaturas, durante o período de 720 minutos.



**Figura 1** Absorção de água por sementes de chia durante um período de 720 minutos, em diferentes temperaturas.

A absorção de água das sementes de chia, em todas as temperaturas avaliadas, foi mais rápida nos primeiros 60 minutos, seguida de absorção mais lenta até os 180 minutos. Houve decréscimo na absorção até os 720 minutos. Portanto, esta curva não se adequou ao padrão trifásico de absorção de água, pois, segundo Bewley e Black (1994), o processo de embebição das sementes, é caracterizado por uma fase inicial de absorção rápida de água, logo após por uma fase estacionária, na qual as sementes praticamente não absorvem água e, por último, um novo aumento na taxa de absorção, que coincide com a protrusão da radícula e o crescimento da plântula.

Nos primeiros 15 minutos, observou-se que a absorção de água das sementes foi praticamente igual em todas as temperaturas. A quantidade de água absorvida nesse período foi de 33, 37 e 37%, nas temperaturas 20, 25 e 30 °C, respectivamente. Para Bewley et al. (2013), quando as sementes estão em estado seco na maturidade, a absorção de água é necessária para a retomada do metabolismo que de forma inicial desencadeia eventos celulares, proporcionando o surgimento da radícula, através de mudanças físicas e estruturais associadas à embebição de água.

Nos próximos 15 minutos começa uma lenta diferenciação da quantidade de embebição. As sementes a 20 °C obtiveram um percentual de absorção maior do que nas demais temperaturas. O pico de maior absorção de água foi aos 120 minutos com massa de 0,191 g/10 sementes. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a fase I é um processo de curta duração, sendo que, em média, as sementes absorvem água entre duas a quatro horas, comparando o que foi observado com as sementes de chia a fase I foi mais rápida, em torno de apenas uma hora.

As sementes submetidas a 30 e 25 °C absorveram menor quantidade de água do que as submetidas a 20 °C. A quantidade de água absorvida aos 120 minutos foi de 0,15 e 0,96 g/10 sementes para as sementes a 30 e 25 °C, respectivamente. Mas, aos 360 minutos ocorreu uma inversão na curva de absorção de água pelas sementes, nessas duas temperaturas, sendo que as sementes submetidas a 25 °C (83%) demonstraram ter menor perda de água do que a sementes a 30 °C (71%).

As sementes de chia absorvem água rapidamente no período inicial, o pico de maior absorção observado foi de 120 minutos, com as sementes mantidas a 20 °C que absorveram a maior quantidade de água. Diferentemente do que foi observado por Nunes et al. (2015), ao verificarem que diferentes espécies de feijão (*Phaseolus vulgaris* L, *Vigna unguiculata*, *Vigna angularis*, *Vigna radiata*) continuam absorvendo água após 48 horas de embebição, mesmo sendo um processo mais lento do que as primeiras 12 horas.

Como a quantidade de água absorvida pela semente é imprescindível para o reinício da atividade metabólica da semente (MARCOS FILHO, 2015), e os dados observados neste estudo cujo tempo médio de germinação das sementes foi de 1,1 a 2,6 dias de sementes germinadas por dia, nas temperaturas de 15 a 35 °C, verifica-se que sementes de chia, por

possuírem rápida capacidade de absorção germinam com facilidade em um curto período de dias, numa ampla faixa de temperatura.

Esse comportamento, provavelmente seja devido ao fato de a semente, além do tamanho reduzido, possuir uma camada mucilaginosa, a qual hidrata rapidamente.

## 4 CONCLUSÃO

A germinação de sementes de chia pode ser realizada em substratos de papel e areia, com presença ou ausência de luz, nas temperaturas de 15 a 35 °C. Nessas condições a chia consegue expressar elevadas taxas de percentagem de germinação.

## **REFERÊNCIAS**

AYERZA, R. The seed's protein and oil content, fatty acid composition and growing cycle length of a single genotype of Chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors. **Journal of Oleo Science**, v. 58, n. 7, p. 347-354, 2009. DOI: 10.5650/jos.ess15p1.

AYERZA, R. COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 3, n. 4, p.1366-1371, 2011. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.12.007.

BEWLEY, J. D., BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; Nonogaki, H. **Seeds**: physiology of development, germination and dormancy. Nova York: Springer, USA. 2013. 392 p.

BEWLEY, J. D. BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, USA, 1994. 445 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília - DF: Mapa/ACS. 2009. 399 p.

CAPITANI, M. I., SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M. TOMÁS, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (Salvia hispanica L.) seeds of Argentina. LWT - **Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 94-102, 2012. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.07.012.

CARVALHO, N.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, São Paulo, 2012. 590 p.

COPELAND, L. O. MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4. ed. MA: Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001. 467 p.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.

EL-KEBLAWY, A.; AL-RAWAI, A. Effects of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. **Flora**, v. 201, p. 135-143, 2006. DOI: 10.1016/j.flora.2005.04.009.

GORAI, M.; NEFFATI, M. Germination responses of reaumuria vermiculata to salinity and temperature. **Ann. Applied Biology**, v. 151, p. 53-59, 2007. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00151.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. International Rules for Seed Testing. Switzerland, NW: Bassersdorf, SWI. 2013.

LABOURIAU, L. G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro - RJ, v. 59, n. 2, p. 37-56, 1987.

LUDWIG, T.; WORSCH, S.; HEIKENWALDER, M.; DANIEL, H.; HAUNER, H.; BADER, B. L. Metabolic and immunomodulatory effects of n-3 fatty acids are different in mesenteric and epididymal adipose tissue on diet-induced obese mice. **American Journal of Physiology –** 

- **Endocrinology and Metabolism**, v. 304, n. 11, p. 140-156, 2013. DOI: 10.1152/ajpendo.00171.2012.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina PR: Abrates, 2015. 495 p.
- MARTINS, G. N.; SILVA, F.; SILVA, R. F.; OLIVEIRA, A. C. S. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de Chenopodium ambrosioides L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu SP, v. 9, p. 62-67, 2007. DOI: 10.1590/1983-084x/14\_147a.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, London, 1989. 173 p.
- MOHD, A. N.; YEAP, S.K.; WO, W. Y.; BEH, B. K.; TAN, S. W.; TAN, S. G. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2, p. 1-9, 2012.
- NÓBREGA, L. H. P. Estresse hídrico na germinação de sementes e no crescimento inicial de plantas de diversas cultivares de soja com determinados níveis de vigor. 1993. 165 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, 1993.
- NUNES, J. V. P.; NÓBREGA, L. H. P.; CRUZ-SILVA, C. T. A.; PACHECO, F. P. Comparison among beans species for food sprouts yield. **Bioscience Journal**, Uberlândia MG, v. 31, n. 6, p. 1682-1691, 2015. DOI: 10.14393/bj-v31n6a2015-29167.
- OLIVEIRA, S. C. O.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. Seleção de progênies de nabo-forrageiro para germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 217-222, 2014. DOI: 10.1590/s0103-84782014000200004.
- PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; SÁ, F. V. S.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; LEITE, M. S. Light regime and temperature on seed germination in *Salvia hispanica* L. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 513-519. 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i4.30544.
- PILAU, F. G.; SOMAVILHA, L.; BATTISTI, R.; SCHWER, L.; KULCZYNSKI, S. M. Germinação de sementes de crambe em diferentes temperaturas e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina PR, v. 33, n. 5, p. 1825-1830, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n5p1825.
- REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, p. 2, p. 656-663, 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.062.
- SANTOS NETO, A. L.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M.; GUIMARÃES, R. M.; BLANKS, A. F.; SILVA-MANN, R. Influência da luz e temperatura na germinação e sementes de sambacaitá *Hyptis pectinata* (L.) Poit. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas RS, v. 14, n. 4 p. 9-26. 2008.
- SEO, M.; NAMBARA, E.; CHOL, G.; YAMAGUCHI, S. Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. **Plant Molecular Biology**, v. 69, p. 463-472, 2009. DOI: 10.1007/s11103-008-9429-y.

SILVA F.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D. C. M.; MASSANORI, T. Interaction of temperature and light on seed germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (*Bignoniaceae*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 723-730, 2008. DOI: 10.1590/s1516-89132008000400010.

STEFANELLO, R.; NEVES, L. A. S.; ABBAD, M. A. B.; VIANA, B. B. Germinação e vigor de sementes de chia (Salvia hispanica L. - Lamiaceae) sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas - SP, v. 17, n. 4, p. 1169-117, 2015. DOI: 10.1590/1983-084x/15\_043.

STOCKMAN, A. L.; BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; CHAMMA, H. M. C. P.; Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. – BIGNONIACEAE): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, v. 29, n. 3, p. 139-143, 2007. Doi: 10.1590/s0101-31222007000300016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, Rio Grande do Sul, 2009. 719 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Washington, Columbia, USA. Food Composition Databases Show Foods - Seeds, chia seeds. 2011. Disponível em: http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome. Acesso em: 07 ago. 2014.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 69-87. 1993. DOI: 10.1146/annurev.es.24.110193.000441.

YAO, W.; Li, J.; WANG, J. J.; ZHOU, W.; WANG, Q.; ZHU, R. WANG, F.; THACKER, P. Effects of dietary ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids on immunoglobulins, cytokines, fatty acid composition, and performance of lactatingsows and suckling piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 43-57, 2012. DOI: 10.1186/2049-1891-3-43.

# ARTIGO 2 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CHIA<sup>2</sup>

### **RESUMO**

A chia (Salvia hispanica L.) originária do México e Guatemala, consumida e cultivada em diversos países, é considerada um alimento funcional e composta por proteínas, ácidos graxos essenciais, carboidratos, minerais e vitaminas, com elevadas quantidade de antioxidantes. Assim, o objetivo deste estudo foi testar metodologias para avaliação do vigor de sementes de chia. Após a determinação da massa de 100 sementes, do grau de umidade e do teste de germinação, foi realizado o teste de comprimento de plântula (em caixas gerbox e rolos de papel com e sem sacos plásticos, avaliados no sexto e nono dia). emergência em areia (nas profundidades 0; 0,5 e 1 cm e nas temperaturas 15, 20, 25, 30 e 35 °C), teste de frio (em rolos de papel e caixas gerbox por 3, 5, 7 e 10 dias de exposição ao frio), envelhecimento acelerado (41 e 45 °C, com solução saturada e água por 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas de envelhecimento) e condutividade elétrica (20, 25 e 30 °C, por 1, 3, 6, 12 e 24 horas de embebição em 25, 50 e 75 mL de água). O experimento foi em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial duplo para os testes de comprimento de plântula, emergência em areia, e teste de frio e fatorial triplo para os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. O teste de comprimento de plântula realizado em caixas gerbox por nove dias, o teste de emergência em areia foi realizado com 0,5 cm de profundidade a 25-30 °C, o de envelhecimento acelerado a 41 °C, por 36 horas com água e 45 °C por 12 horas com solução saturada, enquanto o teste de condutividade elétrica por 24 horas, com 25 mL de água a 25-30 °C podem ser utilizados para determinar o vigor de sementes de chia.

Palavras-chave: alimento funcional, qualidade de sementes, Salvia hispanica.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Artigo enviado para publicação pelo *Bioscience Journal*.

### PAPER 2 METHODOLOGY FOR CHIA SEEDS VIGOR EVALUATION

### **ABSTRACT**

Chia (Salvia hispanica L.) came from Mexico and Guatemala and has been consumed and cropped in several countries. It is considered a functional food, with proteins, essential fatty acids, carbohydrates, minerals, vitamins, and high amount of antioxidants in its composition. Thus, this research aimed at testing methodologies to determine chia seeds vigor. After determining the mass of 100 seeds, moisture content and germination test, it was carried out the seedling length test (in gerbox and paper rolls with and without plastic bags, evaluated on the sixth and ninth days), sand emergence (0: 0,5 and 1 cm depths and at 15, 20, 25, 30 and 35 °C), cold test (in paper rolls and gerbox for 3, 5, 7 and 10 days cold), accelerated aging test (41 and 45 ° C, with saturated solution and water for 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours) and electrical conductivity one (20, 25 and 30 °C; 1, 3, 6, 12 and 24 soaking hours in 25, 50 and 75 mL water). The experiment was a double and triple factorial with completely randomized design, based on the following tests: seedling length, sand emergence, cold test and triple factorial for accelerated aging and electrical conductivity tests. Seedling length test was carried out in gerbox for nine days, the emergence one in sand with 0.5 cm depth at 25-30 °C, the accelerated aging test at 41 °C, for 36 hours with water and 45 °C for 12 hours with saturated solution, and the 24 hour electrical conductivity test, with 25 mL water at 25-30 °C, and all of them can be used to determine chia seeds vigor.

Keywords: functional food, seed quality, Salvia hispanica.

## INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.), da família Labiatae, é uma planta herbácea anual, originária do México e Guatemala, muito utilizada em tempos pré-colombianos como alimento e com objetivo medicinal. No entanto, durante o processo de domesticação, sofreu perda de *habitat* devido à degradação de recursos naturais e, atualmente, desponta como uma espécie de grande potencial econômico (ARFUX, et al., 2015).

Nas últimas décadas, essa semente tornou-se importante para a alimentação humana por fornecer benefícios à saúde (OLIVEROS; LÓPEZ, 2013), como, por exemplo, a redução de doenças cardiovasculares, colesterol, triglicerídeos, obesidade e regulação do intestino, assim como prevenção de diabetes do tipo II e alguns tipos de câncer (OVANDO et al., 2010; IXTAINA et al., 2011; JIN et al., 2012). A semente de chia contém alto teor de ômega-6 e ômega-3, e considerável quantidade de antioxidantes, proteínas, fibra alimentar, ácidos graxos α-linoleico (BUENO et al., 2010; DAL'MASO et al., 2013).

O óleo de chia apresenta propriedades interessantes para a indústria alimentar, como ácidos pentadecanoico, araquidónico e docosa-hexaenoico. Foram encontrados mais de 60% de ácido α-linoleico e mais de 20% de ácido linoleico nas sementes, sendo a fonte vegetal com maior conteúdo destes ácidos graxos essenciais, comparada a de outras fontes (CAMPOS et al., 2014).

Igualmente para todas as culturas, a utilização de sementes de alta qualidade é importante para o estabelecimento de populações adequadas em campo. Para obter a análise mais completa da qualidade fisiológica de sementes é necessário complementar as informações do teste de germinação com testes de vigor, que possibilitem selecionar os lotes mais adequados para comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura (DODE et al., 2012).

Os testes de vigor, associados ao de germinação, vêm sendo utilizados rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes para o controle interno de qualidade, a fim de estimar o potencial de desempenho em campo, não apenas em condições favoráveis como adversas (GRZYBOWSKI; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015).

As duas associações mundiais que integram tecnologistas de sementes, a Association of Official Seed Analysts - AOSA e a International Seed Testing Association – ISTA, sugerem testes que avaliam o crescimento de plântulas. A ISTA constatou que alguns laboratórios utilizam o teste de crescimento de plântulas em conjunto com outros testes, para avaliar o índice de vigor em sementes de algodão, ervilha e milho (HAMPTON, 1993).

Os testes de crescimento de plântula têm como vantagem o baixo custo, não necessitam de equipamentos especiais e treinamentos adicionais e são relativamente

rápidos, podendo ser mensurados por meio do comprimento das plântulas (NAKAGAWA, 1999).

Um dos testes mais antigos para determinar o vigor de sementes é o de emergência. De acordo com Nakagawa (1999), existe uma relação direta entre velocidade de emergência e vigor de sementes. Sendo assim, sementes com emergência em um período de tempo menor apresentam maior índice de vigor. Facilmente se observa que, entre lotes com porcentagem de germinação semelhantes, existem diferenças significativas em suas velocidades de germinação, indicando diferença de vigor entre eles.

Entre os testes mais indicados para auxiliar num programa de qualidade de sementes de hortaliças está o teste de frio (MARCOS FILHO, 2001), que verifica o desempenho quanto ao crescimento e desenvolvimento de plântulas normais, de lotes de sementes semeadas sob condições de baixa temperatura. Entretanto, para muitas espécies de hortaliças, há necessidade de padronização dos parâmetros utilizados para a avaliação do vigor de sementes por meio deste teste. No caso da chia, também, não há padrões estabelecidos.

O teste de envelhecimento acelerado é um dos mais estudados e recomendado para várias espécies cultivadas, dentre os testes de vigor. Com a finalidade inicial de estimar a longevidade de sementes armazenadas, tem sido amplamente estudado com vistas à padronização (RODO; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2000) e por sua capacidade de proporcionar informações com alto grau de consistência (MARCOS FILHO, 1999). O princípio básico do teste é a aceleração artificial da taxa de deterioração das sementes por meio de sua exposição à temperatura e umidade elevadas, consideradas fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração, sendo consideradas vigorosas as sementes que se deterioram mais lentamente após serem submetidas ao envelhecimento acelerado, sendo então que poderiam tolerar estresse mais acentuado e suportar melhor as condições adversas em campo e armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

No entanto, para a maioria das hortaliças e algumas espécies de sementes pequenas, o envelhecimento acelerado pode apresentar certas limitações (LOPES et al., 2010), pois, sementes pequenas absorvem água mais rápida e desuniformemente, resultando em comportamento variável entre as sementes da amostra avaliada. Para evitar este problema, foi sugerida a exposição das sementes a soluções saturadas de sais durante a realização do teste, as quais reduzem a umidade relativa do ambiente no interior dos compartimentos individuais, retardando a absorção de água pelas sementes. Proposto por Jianhua e McDonald (1996), esse método é denominado teste de envelhecimento acelerado com uso de soluções saturadas de sal.

A AOSA (2009) recomenda o teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de ervilha e soja. Esse teste tem como base que com o processo de deterioração ocorre a lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água, devido à

perda da integridade dos sistemas celulares. Portanto, baixa condutividade significa alta qualidade da semente e altos valores de condutividade, maior saída de lixiviados da semente, sugerindo menor vigor das mesmas (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Baseado no exposto acima, o presente trabalho objetivou avaliar as variações de metodologias dos testes de comprimento de plântula, emergência em areia, teste de frio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para verificar quais destas, podem ser recomendadas para determinar o vigor de sementes de chia.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2015, no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel – PR.

Sementes não tratadas de chia, cultivadas no centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias – CEDETEC, pertencente ao Centro Universitário FAG, Cascavel - PR, colhidas em julho de 2014, foram acondicionadas em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox) e armazenadas sob temperatura ambiente, durante todo o período do experimento.

Para a determinação da qualidade física das sementes foram realizadas avaliações da massa de 100 sementes e grau de umidade (BRASIL, 2009). O teste de germinação foi adaptado de metodologias descritas nas *Regras para análise de sementes*, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), para *Salvia spp.* O teste de germinação foi conduzido em câmara de *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), a 25 °C em caixas plásticas gerbox (11 x 11 x 3,5 cm), com duas folhas de papel filtro de gramatura 250 g m² umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel. Cinquenta sementes de chia foram semeadas manualmente em cada caixa, totalizando quatro repetições por tratamento. A porcentagem de germinação foi contabilizada cinco dias após a semeadura.

O teste de comprimento de plântulas foi realizado em três substratos (caixas gerbox, rolos de papel germitest em sacos plásticos e sem sacos plásticos) e dois períodos de avaliação (seis e nove dias), em esquema fatorial duplo 3 x 2. Dez sementes de chia foram semeadas em caixas gerbox sobre duas folhas de papel filtro de gramatura 250 g m² umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel. Os rolos foram feitos com um quarto do tamanho da folha de papel germitest (19 x 14 cm), na qual dez sementes foram semeadas na parte superior de duas folhas e cobertas com uma folha do mesmo papel, umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel. Após a semeadura,

esses rolos foram acondicionados em plásticos transparentes e levados a BOD, a 25 °C. Para avaliação do terceiro substrato, os primeiros passos foram repetidos e os rolos não foram acondicionados em plásticos, mas foram levados a BOD, logo após a germinação. As avaliações foram realizadas no sexto e nono dia após a semeadura, sendo obtidos os comprimentos de parte aérea e raiz de dez plântulas de chia, de cada repetição, com auxílio de régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido a partir da soma das medidas de cada repetição, divididas pelo número de plântulas normais mensuradas, com resultados expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

O teste de emergência em areia foi realizado em três profundidades (0 - semeadas superficialmente, 0,5 e 1 cm de camada de areia sobre as sementes) e em cinco temperaturas (15, 20, 25, 30 e 35 °C), em esquema fatorial duplo 3 x 5. Quatro repetições foram semeadas para cada profundidade, em caixas gerbox com areia peneirada e lavada. Para o controle da temperatura, as caixas permanecendo em câmara BOD durante o período do teste, nas respectivas temperaturas. As avaliações foram diárias, com início no segundo até o oitavo dia após semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem e com estes foi determinado o índice de velocidade de emergência – IVE (MAGUIRE, 1962) e a velocidade de emergência - VE (EDMOND; DRAPALA, 1958).

Para o teste de frio, foram utilizados dois substratos (caixas gerbox e pequenos rolos de papel germitest com dimensões de 19 x 14 cm) e quatro períodos a baixa temperatura (3, 5, 7 e 10 dias), em esquema fatorial duplo 2 x 4. Foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes de cada tratamento, tanto em caixas gerbox com duas folhas de papel mata borrão, como nas duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel (para os rolos foram utilizados um quarto da folha do papel germitest). As caixas gerbox e os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes durante o período de permanência a baixa temperatura (5-10 °C). Decorridos os respectivos períodos, os pequenos rolos e os gerbox foram transferidos para a BOD a 25 °C, por cinco dias, e, em seguida, foram efetuadas as contagens de plântulas normais, anormais e mortas, conforme Loeffler, Meyer e Burris (1985), com os resultados expressos em porcentagem.

O teste de envelhecimento acelerado foi em esquema fatorial triplo (2 x 6 x 2). As variações para este teste foram: duas soluções para envelhecimento (tradicional - água, e saturada – 40 g de NaCl em 100 mL de água), seis períodos de envelhecimento (12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas) e duas temperaturas de exposição (41 e 45 °C). Inicialmente foram distribuídas 250 sementes de chia em tecido voil, sobre telas de alumínio, fixadas em caixas gerbox, contendo no fundo 40 mL de água destilada (solução tradicional) ou 40 mL de solução saturada, conforme o tratamento. As caixas gerbox foram mantidas em câmaras de envelhecimento, nas duas temperaturas, pelos seis períodos. Ao término de cada período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. A avaliação da porcentagem de

plântulas normais, anormais e mortas foi realizada cinco dias após a semeadura. Determinou-se também o teor de água atingido pelas sementes após os períodos de envelhecimento, visando o monitoramento dos resultados (COSTA; TRZECIAK; VILLELA, 2008; MARCOS FILHO, 1999).

Para o teste de condutividade elétrica foram utilizadas três temperaturas na BOD para embebição das sementes (20, 25 e 30 °C), cinco períodos de embebição (1, 3, 6, 12 e 24 horas) e três quantidades de água (25, 50 e 75 mL), em esquema fatorial triplo 3 x 5 x 3. O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, as quais foram pesadas e acondicionadas em copos plásticos descartáveis, com capacidade para 180 mL, contendo 25, 50 e 75 mL de água destilada. Em seguida, os copos permaneceram em câmara BOD, regulada a 20, 25 e 30 °C. A leitura foi realizada após 1, 3, 6, 12 e 24 horas de embebição, em condutivímetro (TECNAL TEC-4MP) Os resultados foram expressos em μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> (VIEIRA; KRZYZANOVSKI, 1999).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial duplo e triplo, dependendo do teste com quatro repetições para cada tratamento. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise de variância e o teste das médias foram realizados segundo técnicas do *software* Assistat, versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Anteriormente aos tratamentos, foram determinados o grau de umidade, massa de cem sementes ajustada para massa de mil sementes e porcentagem de germinação, obtendo-se 8,4%; 1,3 g e 98%, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de chia germinadas em dois períodos (seis e nove dias).

**Tabela 1** Comprimento médio de parte aérea e raiz de plântulas de chia germinadas aos seis e nove dias após a semeadura

Substratos –	Pa	rte aérea (cm)		Raiz (cm)			
Substratos —	6 dias	9 dias	Médias	9 dias	6 dias	Médias	
RSS	1,59 cB	2,81 bA	2,20	3,86 bB	5,44 aA	4,65	
RCS	3,05 aB	3,84 aA	3,45	4,49 aA	3,99 cB	4,24	
Gerbox	2,65 bB	2,95 bA	2,80	4,45 aB	4,85 bA	4,65	
Médias	2,43	3,20		4,27	4,76		
CV (%)	7,	17		5,	75		

Notas: RSS: Rolos sem sacos plásticos; RCS: Rolos com sacos plásticos;

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os maiores comprimentos de parte aérea foram observados nos rolos de papel usados como substrato, quando estes foram mantidos em sacos plásticos transparentes (RCS) durante o teste, sendo 3,05 cm aos seis dias e 3,84 cm aos nove dias, diferindo estatisticamente dos demais. Essa diferença pode ter ocorrido pela capacidade desse substrato manter umidade devido à proteção dada pelo saco de plástico. Conforme Duarte (2012), a água disponibilizada inicialmente influencia todos os aspectos do crescimento das plantas, provocando mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica. O primeiro processo a ser afetado pelo excesso ou deficiência de água é o de divisão e expansão celular, interferindo no crescimento de folhas e caule. Maiores comprimentos de parte aérea foram observados quando a avaliação foi realizada aos nove dias, independente do substrato, apresentando média de 3,20 cm.

Os maiores comprimentos de raiz foram observados nas plântulas de chia desenvolvidas nos rolos mantidos em sacos plásticos (RCS) (4,49 cm) e no gerbox (4,45 cm), no sexto dia de avaliação. Já no nono dia, os maiores valores de raiz foram observados em plântulas desenvolvidas nos rolos sem os sacos plásticos (5,44 cm), diferindo estatisticamente das demais neste período.

O comprimento de raiz foi afetado significativamente pela interação dupla, período de avaliação e substratos, sendo verificado maior média no sexto dia de avaliação no substrato RCP (4,49 cm), e no nono dia de avaliação nos substratos RSP (5,44 cm) e gerbox (4,85), com maiores valores de comprimento de raiz. Além da umidade contida nos substratos, outros fatores podem afetar o desenvolvimento de plântulas, como a luz e temperatura. Stefanello et al. (2015) concluíram que apesar das sementes de chia germinarem tanto na presença como na ausência de luz, elas apresentaram maior comprimento de plântulas quando estavam na presença de luz constante a 25 °C (10,21 cm de plântula inteira).

Como o teste de comprimento de plântulas tem como característica ser rápido e prático para a maioria das espécies (NAKAGAWA, 1999), justifica-se o desenvolvimento deste, com sementes de chia em caixas gerbox, onde as plântulas se desenvolvem

livremente, tornando, assim, mais fácil a sua medição, tanto aos seis como aos nove dias de avaliação.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da porcentagem, índice de velocidade e velocidade de emergência de plântulas de chia desenvolvidas em cinco temperaturas e três profundidades.

**Tabela 2** Porcentagem, índice de velocidade e velocidade de emergência de plântulas de chia em cinco temperaturas e três profundidades

Temp.	Emergência (%)			IVE Profundidade (cm)					VE (dias)			
(10)	0	0,5	1	Médias	0	0,5	1	Médias	0	0,5	1	Médias
15	0Ac	0aB	0aB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	56aB	56aA	19bB	44	5,98	7,19	1,62	4,93	8,35	8,47	8,67	8,50
25	62aB	74aA	59aA	46	14,36	16,9	10,57	19,94	7,42	7,71	7,97	7,70
30	81aA	75aA	67aA	74	27,20	24,82	19,40	23,81	6,94	7,15	7,37	7,15
35	53aB	64aA	49aA	55	22,07	21,67	14,49	19,41	6,60	7,07	7,31	6,69
Médias	50	54	39		13,92	14,12	9,22		5.86	6,08	6,26	-
CV(%)		19,71				25,50				4,88		

**Nota**: Temp. - Temperatura, IVE - Índice de velocidade de emergência, VE - Velocidades de emergência.

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de emergência foi afetada negativamente pela interação dupla quando a temperatura de 20 °C foi associada à profundidade de 1 cm (19%), diferindo estatisticamente das demais.

Não houve emergência de plântulas nas temperaturas de 15 °C nas profundidades testadas e a porcentagem de emergência foi estatisticamente semelhante, quando se associaram as temperaturas de 25, 30 e 35 °C com profundidades de 0, 05 e 1cm.

A porcentagem de germinação foi afetada positivamente, quando as sementes de chia estavam na profundidade de 0 cm a 30 °C (81%), diferindo estatisticamente das demais. As sementes semeadas na profundidade de 0,5 cm mostraram-se iguais estatisticamente a 20, 25, 30 e 35 °C. Na profundidade de 1 cm as maiores médias de porcentagem de emergência foram as que emergiram nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. De acordo com Oliveira e Scivittaro (2007), a profundidade de semeadura da semente é um fator relevante para sua germinação, variando, é claro, de acordo com as espécies. Para sementes pequenas como a chia, é comum que a semeadura seja realizada superficialmente (KARTZOW, 2013). No entanto, a semeadura ideal deve ser realizada a profundidade suficiente para facilitar a absorção de nutrientes e a sustentação da planta, promovendo germinação rápida e uniforme, com o mínimo gasto de reservas (SHANMUGANATHAN; BENJAMIN, 1992).

O IVE não foi afetado significativamente pela interação temperaturas e profundidades. Os maiores valores de IVE foram observados a 30 °C nas profundidades de 0 e 0,5 cm, (27,20 e 24,82%, respectivamente) mostrando que sementes de chia, nessas condições, conseguem expressar maior vigor. Enquanto que, a 20 °C, independente da profundidade, o vigor de sementes de chia é reduzido, pois o IVE apresentou média de 4,94.

A velocidade de emergência (VE) também não foi afetada estatisticamente pela interação temperatura e profundidade. Plântulas de chia nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C levaram de 6,60 a 7,97 dias para emergir, enquanto que as que permaneceram a 20 °C, levaram praticamente um dia a mais para emergir. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a temperatura ótima para a germinação total é diferente da ótima para a velocidade de germinação das sementes. Esse autores destacam que, em temperaturas mais elevadas, a velocidade de absorção de água e das reações químicas é maior, o que justifica as sementes apresentarem maiores IVE e VE nas temperaturas mais altas.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da porcentagem de plântulas de chia submetidas à variação de substratos e períodos de exposição ao frio.

**Tabela 3** Porcentagem de germinação de plântulas de chia em dois substratos e quatro períodos de exposição ao frio

-		Porcen	tagem		
Substrato		Dia	as		Médias
	3	5	7	10	<u> </u>
erbox	98	93	95	93	95
olos de papel	98	95	97	92	96
lédias	98	94	96	93	
V(%)		3,7	<b>'</b> 3		

**Notas**: Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de germinação no teste de frio não sofreu influência dos substratos e dos períodos de submissão ao frio e, também não apresentou diferença significativa entre si. Sementes de chia submetidas a três dias de frio apresentaram 98% de germinação, independente do substrato utilizado; as submetidas a dez dias de frio apresentaram 93% no gerbox e 92% no rolo de papel como substrato.

O teste de frio, nessas condições, foi ineficaz para avaliar o vigor de sementes de chia, pois os substratos e os dias de exposição ao frio não proporcionaram redução significativa da germinação. Resultados semelhantes foram encontrados por Godoy et al. (2012), quando verificaram que diferentes temperaturas e períodos de exposição ao frio para sementes de alface não foram eficientes para distinguir lotes com pequenas diferenças no vigor, mesmo reduzindo a germinação das sementes.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios da porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas de chia, submetidas à variação de temperatura da câmara de envelhecimento, períodos de exposição e soluções.

**Tabela 4** Porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas de chia considerando a interação temperatura x período de exposição, nas duas soluções do teste de envelhecimento acelerado

Temp (°C)			Po	rcentagem	de plântu	ılas			
X	Norr	mais		Anor	mais		Moi	rtas	
Periodo (h)	Sol. trad.	Sol. sat.	Médias	Sol. trad.	Sol. sat.	Médias	Sol. trad.	Sol. sat	Médias
41x12	84aA	88Aa	86	5bA	3bcA	4	11cA	9ghA	10
41x24	85aA	78abB	82	6bA	9abA	8	9cA	13fgA	11
41x36	33bB	82abA	58	18aA	2cdB	10	49bA	16efgB	33
41x48	0cB	62cA	31	5bB	12aA	9	95aA	26eB	61
41x60	0cB	48eA	24	0bB	7abA	4	100aA	45cdB	73
41x72	0cB	28eA	24	0bB	8abA	4	100aA	64bB	82
Médias	34	64		6	7		61	29	
45x12	0cB	72bcA	36	3bB	7abA	5	97aA	21efB	58
45x24	0cB	48dA	24	0bB	8abA	4	100aA	44dB	72
45x36	0cB	39dA	20	0bB	7abA	4	100aA	54bcB	77
45x48	0cB	22eA	11	0bB	14aA	7	100aA	64bB	82
45x60	0cA	5fA	3	0bB	8abA	4	100aA	87aB	94
45x72	0cA	1fA	1	0bA	0dA	0	100aA	99B	100
Médias	0	31		0	7	-	96	62	
Cv (%)	14,	,07		54,	71		8,	00	

**Notas**: Temp: Temperatura; Sol. trad.: Solução tradicional  $(H_2O)$ ; Sol. sat.: Solução saturada  $(H_2O+NaCl)$ .

Médias gerais diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de germinação no envelhecimento acelerado foi afetada pela interação tripla, temperatura da câmara, período e solução adicionada no gerbox. As maiores médias de porcentagem de plântulas normais foram verificadas a de 41 °C, com 12 (84%) e 24 (85%) horas de envelhecimento, em solução tradicional (água), e a 41 °C nos períodos de 12 (88%), 24 (78%) e 36 (82%) horas, e a 45 °C, com 12 horas de exposição em solução saturada (água + sal), apresentou 72%.

Na Tabela 4 observa-se que não ocorreu germinação a 41 °C, quando associado aos períodos de 48, 62 e 72 hs, e a 45 °C em todos os períodos, com a solução tradicional no gerbox. Consequentemente, foi verificada elevada porcentagem de sementes mortas nessas mesmas interações. Diferente destes resultados, Santos et al. (2011) observaram que o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 41 °C foi eficiente quanto à diferenciação de níveis de vigor em sementes de alface e almeirão, considerando-se o período de 48 horas, pelo método tradicional ou o de 72 horas, pelo método com solução saturada de NaCl. Foi observado no presente estudo, que as sementes de chia submetidas ao teste de envelhecimento da forma tradicional demonstraram-se sensíveis quando períodos prolongados de exposição foram associados a temperaturas altas.

Na temperatura de 41 °C, no período de 36 horas e solução tradicional, bem como, a 41 °C, com 24 horas e solução saturada, foi observada redução da porcentagem de germinação, caracterizando menor vigor.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de grau de umidade de sementes de chia submetidas à variação de temperatura da câmara de envelhecimento, períodos de exposição e soluções.

**Tabela 5** Grau de umidade de sementes de chia considerando a interação temperatura x período, em duas soluções do teste de envelhecimento acelerado

Período	Grau de umidade (%)							
envelhecimento	41 <sup>c</sup>	C	45 °	C				
	Sol. trad.	Sol. sat.	Sol. trad.	Sol. sat.				
12	34,1	9,8	31,1	9,8				
24	44,1	9,5	48,8	10,0				
36	50,7	9,5	50,3	10,1				
48	63,7	9,0	65,2	9,6				
62	64,1	10,3	72,2	9,8				
72	70,2	10,4	80,5	9,9				

**Notas**: 41 e 45 °C: Temperaturas na câmara de envelhecimento; Sol. trad.: Solução tradicional (H<sub>2</sub>O); Sol. sat.: Solução saturada (H<sub>2</sub>O+NaCl).

Verificou-se que, na solução tradicional, o grau de umidade das sementes de chia aumentou gradativamente com o aumento do período de exposição na câmara de envelhecimento, nas duas temperaturas testadas. Os valores variaram de 34,1 a 70,0% a 41 °C; e de 31,1 a 80,5% a 45 °C, em solução tradicional. Em solução saturada, o grau de umidade mostrou-se mais uniforme, ficando entre 9,0 a 10,4% a 41 °C e 9,6 a 10,1% a 45 °C. Isso indica que o uso de solução salina contribui para retardar a absorção de água pelas sementes durante o envelhecimento das mesmas. A maior variação de grau de umidade em solução saturada, a 41 e 45 °C, foi inferior a 2%. Segundo Marcos Filho (1999), um dos principais indicadores da uniformidade das condições de envelhecimento acelerado é o grau de umidade das sementes ao final do teste, sendo que variações de 3 a 4% entre amostras são consideradas toleráveis.

O teste de envelhecimento acelerado, em solução salina, apresentou outra vantagem em relação ao procedimento tradicional. Como são utilizadas soluções salinas em substituição à água, há redução do desenvolvimento de fungos durante o teste, eliminando uma possível interferência na avaliação da qualidade fisiológica das sementes (TORRES; BEZZERA NETO, 2009). Constatações semelhantes foram relatadas por Costa, Trzeciak e Villela (2008), em estudo sobre sementes de couve, couve-brócolis e repolho.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios de condutividade elétrica de sementes de chia submetidas à variação de temperatura e períodos de embebição e quantidade de água.

**Tabela 6** Condutividade elétrica considerando a interação temperatura, período e variação na quantidade de água para embebição das sementes de chia

Temperatura	Condu	tividade elétrica (µS cm <sup>-1</sup>	g <sup>-i</sup> )	
(°C)		Quantidade água (mL)		
X Período (horas)	25	50	75	Médias
20 X 1	116,83iA	67,60jB	61,23gB	81,89
20 X 3	171,53gA	89,68hijB	85,25efgC	115,49
20 X 6	208,30fA	109,03fghB	85,25efgC	134,19
20 X 12	223,30efA	132,50defB	98,78defC	151,53
20 X 24	325,30bA	173,03bcB	149,20abC	215,84
Médias	209,05	114,37	95,94	
25 X 1	141,13hiA	76,40ijB	62,03gB	93,19
25 X 3	165,85ghA	112,48fghB	81,40efgC	119,91
25 X 6	219,40fA	124,45efgB	96,95defC	146,93
25 X 12	269,15cdA	154,93bcdB	107,75cdeC	177,28
25 X 24	336,95bA	180,98bB	130,65bcC	216,19
Médias	226,50	129,85	95,76	
30 X 1	149,08ghA	99,08ghiB	56,35gC	101,50
30 X 3	231,48fA	119,73fgB	97,23defC	149,48
30 X 6	250,05deA	149,75cdeB	121,08bcdC	173,63
30 X 12	288,93cA	177,30bcB	135,90abcC	200,71
30 X 24	398,85aA	212,85aB	163,45aC	258,38
Médias	263,68	151,74	114,80	
CV (%)		7,92		

**Notas**: Médias gerais diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada fator avaliado indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica foi afetada significativamente pela interação tripla das temperaturas, períodos e quantidade de água para embebição. Maiores valores de condutividade elétrica foram verificados quando as sementes permaneceram a 30°C, por 24 horas com 25, 50 e 75 mL de água (398,85; 212,85 e 163,45 µS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, respectivamente). A elevação da temperatura de embebição pode causar dano térmico às membranas, ocasionando aumento da energia de ativação das moléculas, alterando a viscosidade da água e, consequentemente, aumentando os valores de condutividade. Por outro lado, em baixas temperaturas verifica-se que o processo de reorganização de membranas torna-se mais lento e o período de perda de lixiviados pelas sementes é mais longo (GIVELBERG; HOROWITZ; POLJAKOFF-MAYBER, 1984).

As sementes embebidas em menor quantidade de água (25 mL) apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica, independente da temperatura ou período de exposição, diferindo dos demais. Isso era esperado, pois a mesma quantidade de sementes, lixiviaria a mesma quantidade de eletrólitos e a solução, após a embebição, ficaria mais concentrada. Resultados semelhantes foram observados por Vidigal et al. (2008), que verificaram que a quantidade de 25 mL/50 sementes no teste de condutividade elétrica é

mais eficiente para separar lotes de sementes de pimenta quanto ao vigor do que a quantidade de 50 mL.

Observa-se também, que com o aumento da temperatura, o aumento do período de embebição e a diminuição da quantidade de água para embebição, proporcionaram o aumento na lixiviação dos exsudatos. O mesmo já havia sido verificado por Dutra, Medeiros Filho e Teófilo (2006) com sementes de feijão caupi.

#### 4 CONCLUSÃO

A realização dos testes de comprimento de plântula em papel tipo gerbox, durante nove dias, com emergência em areia a 0,5 cm de profundidade entre 25 a 30 °C, envelhecimento acelerado a 41 °C, por 36 horas em solução tradicional e 45 °C por 48 horas, em solução saturada e condutividade elétrica, por 24 horas, em 25 mL de água entre 25 a 30 °C são condições que podem ser utilizadas para avaliar o vigor de sementes de chia.

## **REFERÊNCIAS**

- ARFUX, C. R. B.; MENEGATI, C. F.; SILVA, R. M.; RONDON, J. N.; GABRIEL, V.; COSTA, F. A.; CARVALHO, C. M. E.; SOUZA, P. F.; SILVA, C. B. Cultivo in vitro de *Salvia hispanica* L. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1555-1560, 2015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS AOSA. **Seed vigor testing handbook**. Washington, DC: AOSA, 2009. (Contribution, 32). 105 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília DF: Mapa/ACS. 2009. 399 p.
- BUENO, M., DI SAPIO, O., BAROLO, M., VILLALONGA, M. E., BUSILACCHI, H., SEVERIN, C. In vitro response of different *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) explants. **Molecular Medicinal Chemistry**, v. 21, p.125-126, 2010.
- CAMPOS, M. R. S.; SOLIS, N. C.; RUBIO, G. R.; GUERRERO, L. C.; ANCONA, D. B. Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, Mexico. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 3, p. 220-226, 2014.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5 ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- COSTA, C. J; TRZECIAK, M. B; VILLELA, F. A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v. 26, n. 2, p. 144-148, 2008.
- DAL'MASO, E. G.; CASARIN, J.; COSTA, P. F.; CAVALHEIRO; D. B. SANTOS, B. S.; GUIMARÃES, V. F. Salinidade na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de chia. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 3, p. 26-39, 2013.
- DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 34, n. 4, p. 686-691, 2012.
- DUARTE, A. L. M. Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Pesquisa e Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 1-6, 2012.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p.166-170, 2006.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.
- GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, v. 35, n. 161, p. 1754-1763, 1984.
- GODOY, A. R.; ALVES, C. Z.; OLIVEIRA, N. C.; CÂNDIDO, A. C. S. Efeito de diferentes metodologias do teste de frio em sementes de alface. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 13, n. 4, p. 55-62, 2012.

- GRZYBOWSKI, C. R. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 590-596, 2015.
- HAMPTON, J. G. Vigor testing within laboratories of the international seed testing association: a survey. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 2, p. 199-203, 1993 (Supplement, 1).
- IXTAINA, V. Y. MARTINEZ, M. L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C. M.; MAESTRI, D. M.; DIEHL, B. W. K.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, Palmerston North, v. 24, n. 2, p.166- 174, 2011.
- JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.
- JIN, F.; NIEMAN, D. C.; SHA, W.; XIE, G.; QIU, Y.; JIA, W. Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, n. 2, p.105-110, 2012.
- KARTZOW, A. C. Estudio de pre factibilidad técnico-económica del cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.) en Chile. Informe final, Santiago, Chile: FIA, 2013, 102 p.
- LOEFFLER, T. M.; MEYER, J. L.; BURRIS, J. S. Comparison of two test procedures for use in maize drying studies. **Seed Science and Technology**, v. 13, n. 3, p. 653-658, 1985.
- LOPES, M. M.; SADER, R.; PAIVA, A. S.; FERNANDES, A. C. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de quiabo. **Bioscience Journal**, Uberlândia MG, v. 26, n. 4, p. 491-501, 2010.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.
- MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, Londrina PR, v. 11, n. 2, p. 63-75, 2001.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. *In:* KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES, 1999. 218 p.
- OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Tegumento e profundidade de semeadura na emergência de plântulas e no desenvolvimento do porta-enxerto Trifoliata. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 29, n. 2, p. 229-235, 2007.
- OLIVEROS, M. R. S.; LÓPEZ, O. P. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 1, p. 193-201, 2013.
- OVANDO, J. A. V.; RUBIO, J. G. R.; GUERRERO, L. A. C.; BETANCUR, A. A. Dry processing of chia (*Salvia hispanica* L.) flour: chemical characterization of fiber and protein. **Journal of Food**, London, v. 8, n. 2, p. 117-127, 2010.

- RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agrícola**, Piracicaba SP, v. 57, n. 2, p. 289-292, 2000.
- SANTOS, F.; TRANI, P. E. MEDINA, P. F.; PARIS, J. J. D. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 33, n. 2 p. 322- 23, 2011.
- SHANMUGANATHAN, V.; BENJAMIN, L. R. The influence of sowing depth and seed size on seedling emergence time and relative growth rate in spring cabbage (*Brassica oleracea var. capitata* L.). **Annals of Botany**, v. 69, n. 3, p. 273-276, 1992.
- SILVA F.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- STEFANELLO, R.; NEVES, L. A. S.; ABBAD, M. A. B.; VIANA, B. B. Germinação e vigor de sementes de chia (*Salvia hispanica* L. Lamiaceae) sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas SP, v. 17, n. 4, p. 1169-117, 2015.
- TORRES, S. B.; BEZERRA NETO, F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de urucum. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v. 27, n. 1, p. 55-58, 2009.
- 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 PR: ABRATES, 1999. cap.4, p. 4.1-4.26.
- VIDIGAL, D. S.; LIMA, J. S.; BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 30, n. 1, p.168-174, 2008.

# ARTIGO 3 OBTENÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA EM FUNÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM DOIS ANOS DE PRODUÇÃO 3

#### **RESUMO**

A chia (Salvia hispanica L.) é uma planta propagada por sementes, nativa do Sul do México e Norte da Guatemala. Essa semente tem sido investigada por ter efeitos benéficos à saúde, além de ser fonte de nutrientes, quando em contato com a áqua, libera uma espécie de mucilagem que pode ser utilizada para substituir ovos, ou óleo, em bolos, sorvetes, cosméticos, etc. Haja vista os estudos sobre esta cultura serem escassos, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a obtenção de mucilagem de chia em dois anos de produção (safras 2013/2014 e 2014/2105), e se o vigor das sementes pode interferir na quantidade da mucilagem produzida. A chia foi cultivada por dois anos, no período de inverno, no município de Cascavel-PR. Os testes que verificaram a qualidade fisiológica e vigor das sementes foram: pureza, massa de mil sementes, grau de umidade, germinação, comprimento de plântula, emergência em areia, teste de frio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A extração da mucilagem foi realizada em três concentrações de sementes/água (1:20, 1:30 e 1:40) e em quatro períodos de hidratação (30, 60, 120 e 240 minutos). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo apenas para extração da mucilagem. A metodologia proposta foi eficiente para a extração da mucilagem de sementes de chia e o vigor de sementes não interferiu na quantidade de mucilagem produzida.

Palavras-chave: alimento funcional, Salvia hispanica, vigor de sementes.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Artigo enviado para publicação pela *Revista Caatinga*.

# PAPER 3 CHIA MUCILAGE OBTAINING BASED ON PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS IN TWO CROPPING YEARS

#### **ABSTRACT**

Chia (*Salvia hispanica* L.) is a plant sown by seeds, from southern Mexico and northern Guatemala. This seed has been studied due to its beneficial effects on health. In addition, it is a source of nutrients, which when in contact with water, it releases a kind of mucilage that can be used to replace eggs or oil in cakes, ice cream, cosmetics, etc. As the studies on this crop are scarce, this research aimed at evaluating chia mucilage production in two cropping years (2013/2014 e 2014/2105), and if seeds vigor can interfere in the amount of mucilage produced. Chia was cropped during two years, along winter season, in Cascavel area, Paraná. The studied tests that recorded physiological quality and vigor of seeds were: purity, mass of one thousand seeds, degree of humidity, germination, seedling length, emergence in sand, cold test, accelerated aging and electrical conductivity tests. Mucilage extraction was carried out at three seed/water concentrations (1:20, 1:30 and 1:40) and in four hydration periods (30, 60, 120 and 240 minutes). The experiment was settled in a completely randomized design, with a double factorial scheme only for mucilage extraction. The proposed methodology was efficient for extracting chia seeds mucilage and seed vigor did not interfere in the amount of mucilage produced.

Keywords: Functional food, Salvia hispanica, Seed vigor.

# 1 INTRODUÇÃO

Popularmente conhecida como chia, a *Salvia hispanica* L. é uma planta propagada por sementes, nativa do sul do México e norte da Guatemala (SANDOVAL-OLIVEROS; PAREDES-LÓPEZ, 2013). Cultivada com fins comerciais na Austrália, Bolívia, Colômbia, Guatemala, México, Perú e Argentina, principalmente nas províncias de Salta, Jujuy, Tucumán e Catamarca (BUSILACCHI et al., 2013).

Essa semente tem sido objeto de investigação, sendo-lhe reconhecidos efeitos benéficos à saúde. É considerada importante fonte nutricional, com elevada quantidade de antioxidantes, proteínas, fibra alimentar e ácidos graxos-linolênico (SANDOVAL-OLIVEROS; PAREDES-LÓPEZ, 2013). Auxilia na redução de doenças cardiovasculares, colesterol, triglicerídeos, obesidade e regulação do intestino, bem como prevenção de doenças como a diabetes do tipo II e até alguns tipos de câncer (VÁZQUEZ-OVANDO et al., 2010; IXTAINA et al., 2011; JIN et al., 2012).

As sementes de chia são uma importante matéria prima para a obtenção de alimentos funcionais devido às suas características especiais, oferecendo vantagens em relação a outras fontes disponíveis (COATES; AYERZA, 1996). O termo alimento funcional foi introduzido no Japão, pelo governo, na década de 1980, com o propósito de incentivar uma alimentação mais saudável e reduzir custos ligados à saúde pública (STRINGHETA et al., 2007). Apesar do termo alimento funcional receber diversas denominações, no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o define como alimento ou ingrediente que, quando utilizado como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos, fisiológicos ou efeitos benéficos à saúde, sendo seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999; BRASIL, 2013a).

Além do uso como sementes cruas, a chia vem sendo comercializada como suplemento dietético, incorporada em salgadinhos, misturas de bebidas e cereais. É encontrada moída para uso como farinha, bem como na fabricação de barras de cereais matinais e biscoitos, pode ser utilizada na produção de maionese com adição da mucilagem de suas sementes, entre outros produtos (COELHO; SALAS-MELLADO, 2014; KUMER; PHILLIPS, 2012).

Outra vantagem destas sementes é que quando mergulhadas em água, exsudam um gel transparente mucilaginoso que permanece firmemente ligado à semente, pois, no epicarpo encontram-se células que produzem mucilagem quando umedecidas. Ao entrar em contato com a água, o epicarpo incha, a cutícula se rompe ao esgotar sua elasticidade e o conteúdo das células verte como mucilagem, circundando toda a superfície da semente (IXTAINA et al., 2010).

As sementes de chia podem conter de 5-6% de mucilagem (AYERZA; COATES, 2001; REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008), podendo ser utilizada como substituição de ovos ou óleo na formulação de bolo, por gel de chia com até 25% mantendo as características funcionais e sensoriais do produto (BORNEO; AGUIRRE; LÉON, 2010).

Utpott (2012) utilizou mucilagem de chia para desenvolver maionese combinada ou não com outros aditivos emulsificantes, com reduzido teor de óleo e gema de ovo. Observou que se mantiveram as características funcionais do produto melhorando também seus aspectos sensoriais e tecnológicos.

Spada et al. (2014) observaram que a substituição da carragena, agente espessante utilizado em sobremesas à base de soja, pela mucilagem de chia não proporcionou significativas modificações nas características, tais como pH, grau Brix, e nos atributos sensoriais cor rosa, sabor de goiaba, sabor de soja e cremosidade.

O potencial fisiológico das sementes é fator importante por abranger informações sobre a germinação (viabilidade) e o vigor de sementes. A avaliação da qualidade fisiológica possibilita a identificação de lotes de sementes que possuem potencial elevado, apresentando desempenho esperado durante o armazenamento e também em campo (MARCOS FILHO, 2013).

Sementes vigorosas apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial (MUNIZZI et al., 2010). Elas também possuem propriedades que determinam o seu potencial para uma emergência rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais resistindo melhor às adversidades do ambiente (AOSA, 2009). Isso ocorre devido a características específicas das sementes como integridade do tegumento, densidade, sanidade, elevado conteúdo de matéria seca e outros.

O efeito do vigor de sementes tem sido comprovado e amplamente documentado para muitas culturas, por diversos pesquisadores, como: Mielezrski et al. (2008), plantas de arroz com maior crescimento e rendimento; Egli, Hamman e Rucker (2010) maior uniformidade das plantas de soja e condições ideais de emergência; Mondo et al. (2012), maior crescimento inicial, altura de plantas, diâmetro do caule e índice de área foliar de milho; Kolchinski, Schuch e Peske (2005), maior altura na colheita e maior taxa de acúmulo de massa seca no florescimento e na maturidade fisiológica de plantas de soja.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a obtenção de mucilagem de chia, em função de dois anos de produção, e verificar se o vigor destas sementes pode interferir na quantidade da mucilagem produzida.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido inicialmente em condições de campo, nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias – CEDETEC, pertencente ao Centro Universitário FAG, localizado no município de Cascavel - PR. As coordenadas geográficas da área são 24º 56' 23. 68" latitude Sul e 53º 30' 39.10" longitude Oeste e altitude de 693 metros. O clima é subtropical, mesotérmico e superúmido, com precipitação média durante os meses de cultivo de 223,92 mm e temperatura média em torno de 18 °C (SIMEPAR, 2016), o solo local é classificado como Latossolo vermelho escuro distrófico.

A análise de solo foi realizada previamente para determinação das características químicas e cálculo da necessidade de calagem e adubação (Tabela 1).

Tabela 1 Dados da análise química do solo realizada em 08/02/2014

-							An	álises						
С	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H++ Al3+	SB	CTC	Al <sup>3+</sup>	Р	Zn	Fe	Mn	Cu	рН	V
g dm	3			- cmol <sub>c</sub> dm	3				n	ng dm <sup>-3</sup>			%	o o
31,6	0.3	5,9	1,9	4,9	8.2	13,2	0,04	40,6	9,1	25,8	68,5	2,8	4,9	62,5

**Nota**: Análise realizada no laboratório de solos da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC).

Não houve necessidade de calagem e adubação, pois os teores de Ca e Mg estavam acima dos níveis mínimos exigidos para a cultura soja, estando na relação próxima ao ideal que são 3/1 de Ca/Mg.

Os níveis de K são considerados bons para a cultura da soja, bem como os níveis de P que estavam elevados, mas, não a ponto de desequilibrar a absorção de outros elementos. Os teores de C que determinam o nível de matéria orgânica também foram classificados como altos.

O cultivo foi realizado em dois períodos, o primeiro, durante o inverno do ano agrícola de 2013/2014 e o segundo durante o inverno de 2014/2015. Os cultivos de verão nos dois anos de experimento foram de soja. As semeaduras foram manuais no mês de março, em dez canteiros de 1 x 3 metros, a colheita foi realizada em julho do mesmo ano, também de forma manual.

Durante o desenvolvimento da cultura não foi necessário o controle de doenças, plantas invasoras e pragas. Após a colheita, as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas transparentes (Gerbox) e armazenadas em temperatura ambiente, durante o período do experimento.

A avaliação da qualidade física e fisiológica das sementes, bem como a extração da mucilagem foi realizada no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel – PR, nos anos de 2015 e 2016.

Os testes realizados seguiram as metodologias preconizadas para sementes, com algumas adaptações para as sementes de chia. Para análise de pureza foram utilizadas duas amostras de 10 g de sementes, sendo separados os seguintes componentes: sementes e material inerte. Foi utilizada uma balança de 0,001g de precisão e calculada a porcentagem de sementes puras com uma casa decimal. Avaliações de massa de mil sementes e grau de umidade foram realizadas segundo metodologias descritas nas *Regras para Análise de Sementes, do* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

A germinação foi conduzida em câmara de *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), a 25 °C, em caixas plásticas gerbox (11 x 11 x 3,5 cm), com duas folhas de papel filtro gr 250 gm<sup>-2</sup> umedecidas com água destilada 2,5 vezes a massa do papel. Foram semeadas em cada caixa, 50 sementes, totalizando quatro repetições por tratamento. A porcentagem de germinação foi contabilizada cinco dias após da semeadura (BRASIL, 2009).

O teste de comprimento das plântulas foi realizado em caixas gerbox, sendo semeadas dez sementes por caixa, sobre folhas de papel filtro gr 250 gm<sup>-2</sup> umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel. As caixas permaneceram em BOD a 25 °C, por seis dias, sendo então obtido o comprimento de parte aérea e raiz de dez plântulas de chia com auxílio de régua milimetrada (NAKAGAWA, 1999).

O teste de emergência em areia foi realizado na profundidade de 0,5 cm de camada de areia sobre as sementes, em caixas gerbox, com areia peneirada e lavada. Para o controle da temperatura, as caixas permaneceram durante o tempo do teste em BOD a 25 °C. As avaliações foram diárias, iniciando no segundo dia após semeadura até o oitavo dia. Os resultados foram expressos em porcentagem e com estes foi determinado o índice de velocidade de emergência – IVE (MAGUIRE, 1962) e a velocidade de emergência - VE (EDMOND; DRAPALA, 1958).

Para o teste de frio foram utilizadas caixas gerbox com duas folhas de papel filtro gr 250 gm<sup>-2</sup>, umedecidas com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel. Após a semeadura, as caixas foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, durante o período de permanência em baixa temperatura (5-10 °C), que foi de dez dias. E, em sequência, as caixas gerbox foram transferidas para a BOD a 25 °C, por cinco dias. Em seguida, foram efetuadas as contagens de plântulas normais, anormais e mortas, conforme Loeffler, Meyer e Burris (1985), com resultados expressos em porcentagem.

Para o teste de envelhecimento acelerado, inicialmente foram distribuídas 250 sementes de chia em tecido voil, sobre telas de alumínio, fixadas em caixas gerbox,

contendo no fundo 40 mL de solução saturada (40 g de NaCl em 100 mL de água). As caixas permaneceram em câmara de envelhecimento a 41 °C, por 48 horas. Ao término desse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo a avaliação da porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas realizada cinco dias após a semeadura. Determinou-se também o teor de água atingido pelas sementes após o período de envelhecimento, visando o monitoramento dos resultados (COSTA; TRZECIAK; VILLELA, 2008; MARCOS FILHO, 1999).

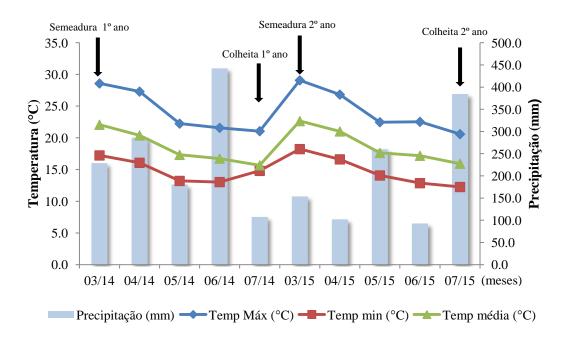
O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram pesadas e acondicionadas em copos plásticos descartáveis, com capacidade para 180 mL, contendo 25 mL de água destilada. Em seguida, os copos permaneceram em câmara BOD, regulada a 30 °C. A leitura foi realizada após 24 horas de embebição, em condutivímetro (TECNAL TEC-4MP), sendo os resultados expressos em µS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> (VIEIRA; KRZYZANOVSK, 1999).

Para a extração da mucilagem, foram utilizadas amostras de 1 g de sementes inteiras adicionadas em balões de 50 mL e água destilada, nas proporções de (semente:água) 1:20, 1:30 e 1:40. As misturas foram agitadas manualmente durante o processo de hidratação (15, 30, 60 e 120 minutos). Na sequência, a substância aquosa foi espalhada em placas de Petri e foram levadas à estufa a 50 °C por 24 horas. A mucilagem foi extraída após fricção das sementes em peneira de 35 mesh. A massa seca da mucilagem (g) foi registrada após pesagem (MUÑOZ et al., 2012).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada tratamento para os testes de germinação, comprimento de plântula, emergência em areia, teste de frio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Para a extração da mucilagem, os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial duplo 3 x 4 (proporção semente:água x períodos de embebição). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise de variância e o teste das médias foram realizados, segundo técnicas do *software* Assistat, versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos (temperaturas máxima, média e mínima e precipitação acumulada) referentes aos dois anos de cultivo estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1** Temperaturas máximas, médias e mínimas (°C) e precipitação acumulada (mm) nos períodos de março a julho, nos anos de 2014 e 2015.

Fonte: SIMEPAR (2016).

As temperaturas não foram fator limitante para o desenvolvimento da cultura, pois se apresentaram dentro da normalidade para as principais culturas de inverno, cultivadas na região do experimento, como trigo e aveia. As temperaturas médias variaram entre 15,7 e 22,7 °C, durante os meses de cultivo, também dentro da faixa recomendada de cultivo para as sementes de chia. Segundo Miranda (2012), a chia necessita de luz abundante para seu desenvolvimento, mas não tolera temperaturas acima de 33 °C, que afetam a polinização pelo ressecamento do estigma, portanto, a temperatura ótima para cultivo está entre 18 e 26 °C. Também Kartzow (2013) destaca que a recomendação de temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura da chia, na zona central do Chile, é de 18 a 28°C.

Durante o período de cultivo do experimento houve precipitação acumulada em todos os meses. No primeiro ano (2014), o mês de junho apresentou a maior média de precipitação acumulada (442,4 mm) e o mês seguinte, em que foi feita a colheita das sementes, apresentou a menor média (107,6 mm). No segundo ano, os resultados de precipitação acumulada foram inversos nos meses de enchimento de sementes e colheita. O mês de junho foi o mês que apresentou menor precipitação acumulada (93,0 mm) e no mês de julho a precipitação acumulada foi elevada, com média de 384,6 mm. As sementes de chia necessitam de umidade para germinar, no entanto, quando a cultura já está estabelecida, comportam-se bem com quantidades limitadas de água, mas, preferencialmente com médias de 400 a 1100 mm por ciclo (MIRANDA, 2012).

Os valores médios de pureza, massa de mil sementes e grau de umidade dos dois anos de cultivo de sementes de chia, no período de inverno, na região de Cascavel - PR, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** Caracterização da qualidade física de sementes de chia, nos anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015

Testes	Safras inverno			
restes	2013/2014	2014/2015		
Pureza (%)	98	98		
Massa de mil sementes (g)	1,30	1,25		
Grau de umidade (%)	8,4	8,4		

A porcentagem de pureza de sementes de chia foi elevada nos dois anos consecutivos de cultivo (98%). O beneficiamento das sementes após a colheita foi realizado de forma manual e não foram encontradas sementes de outras espécies, chochas ou quebradas, apenas material inerte (pedaços da planta e cascas). Observa-se que mesmo as sementes de chia não tendo registro de comercialização, demonstram porcentagens iguais às recomendadas para sementes de gergelim, para as quais o padrão mínimo de pureza para comercialização de sementes certificadas é de 98%, segundo a Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2013b).

Rovati, Escobar e Prado (2012) observaram que a pureza de sementes de chia cultivadas em Tucumán, na Argentina, nos anos de 2008 a 2009, ficaram entre 96 e 88%, e que no ano de 2009 foram encontrados elevados percentuais de outras sementes como *Amaranthus spp.*, *Chenopodium spp.* e *Brassica spp.*, plantas invasoras características da região e correspondentes ao ciclo da cultura nesta área.

Como o objetivo da análise de pureza é determinar a composição da amostra em percentual do peso de sementes puras, peso do material inerte e identificar a natureza do material, assim como as outras sementes encontradas na amostra, estas são diferenciadas em espécies cultivadas, espécies silvestres, espécies nocivas proibidas e espécies nocivas toleradas (BRASIL, 2009). Para Lima Junior (2010), determinar a pureza é de suma importância, pois visa avaliar a composição física de um lote de sementes e é a primeira análise a ser realizada com a amostra de trabalho.

As sementes de chia apresentaram valores próximos de massa de mil sementes, nos dois anos de cultivo, sendo de 1,3 e 1,2 g, respectivamente. Resultados semelhantes foram verificados por Rovati, Escobar e Prado (2012), em que os valores médios obtidos de massa de mil sementes de chia, cultivadas nos anos de 2008 e 2009, variaram entre 1,22 e 1,26 g. Ixtaina, Nolasko e Tomás (2008) já haviam observado, ao estudarem as características de

sementes de chia quanto a cor, que, em média, a massa de mil sementes para sementes escuras é de 1,32 g, e para brancas é de 1,30 g.

No primeiro e no segundo anos de cultivo, o grau de umidade das sementes de chia foi de 8,4%. Valores inferiores ao deste estudo foram verificados por Ixtaina, Nolasko e Tomás (2008), em que a umidade média de sementes de chia cultivadas em Salta, na Argentina, e avaliadas quanto à sua cor (brancas e escuras) foi de 7,0%. As diferenças de grau de umidade de sementes encontradas neste trabalho e o apresentado na literatura podem estar relacionadas às diferenças de cultivar, local e época de cultivo, clima e colheita (ABEROUMAND; DEOKULE, 2008).

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da análise da qualidade fisiológica de sementes de chia cultivadas no período de inverno na região de Cascavel – PR, nos anos agrícolas de 2014 e 2015.

As sementes de chia cultivadas no primeiro ano mostram maior porcentagem de germinação (98%), enquanto que as sementes cultivadas no segundo ano de experimento apresentaram porcentagem de germinação de 88%, diferindo estatisticamente entre si. A queda da germinação do segundo ano pode ser explicada pela elevada quantidade de precipitação no mês da colheita (07/2015), que foi de 384,6 mm (Figura 1), quando a planta entra no estágio de pré-colheita. O excesso de chuva favorece a diminuição do poder germinativo, pois o processo de embebição de água pelas sementes pode diminuir a porcentagem de germinação. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), qualquer fator que afete o desenvolvimento e o acúmulo de reservas pela semente acarretará prejuízos ao seu vigor, destacando dentre esses fatores a disponibilidade hídrica.

**Tabela 3** Caracterização da qualidade fisiológica de sementes de chia, nos anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015

Tantan	Safras inverno			
Testes —	2013/2014	2014/2015		
Germinação (%)	98a	88b		
Comprimento de parte aérea (cm)	2,65b	2,87a		
Comprimento de Raiz (cm)	4,43a	3,50b		
Emergência areia (%)	74a	78a		
IVE	16,19b	24,71a		
VE (dias)	7,71a	7,21b		
Teste de frio (%)	93a	68b		
Envelhecimento acelerado (%)	62a	66a		
Grau de umidade após envelhecimento (%)	9,0	9,9		
Condutividade elétrica (µS cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	398,85a	326,55b		

Notas: IVE: Índice de velocidade de germinação; VE: Velocidade de germinação.

Médias gerais seguidas de letras diferentes indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o teste de comprimento de plântula, as variáveis parte aérea e raiz diferiram entre si nos dois anos de cultivo. O comprimento de parte aérea foi maior no segundo ano (2,87cm), enquanto que o comprimento de raiz apresentou maior média no primeiro ano (4,43cm). Resultados próximos a estes foram verificados por Paiva et al. (2016), quando avaliaram o desenvolvimento de plântulas de chia na presença e ausência de luz, obtendo os valores médios de parte aérea de 2,82 cm e de comprimento de raiz de 5,15 cm na presença de luz.

Mesmo a porcentagem de emergência em areia apresentando valores distintos nos dois anos de cultivo, 74 e 78%, respectivamente, demonstrando que nos dois anos de cultivo as sementes de chia apresentaram vigor de sementes. O Índice de velocidade de emergência (IVE) foi maior no segundo ano (24,71), diferindo estatisticamente do ano anterior (16,19) e, consequentemente, a velocidade de emergência (VE) foi menor no segundo ano, mostrando que as sementes de chia levaram 7,21 dias para emergir na areia, enquanto que as sementes de chia no primeiro ano, levaram 7,71 dias para emergir. Como as sementes de chia do segundo ano de cultivo apresentaram maior porcentagem de emergência na areia, mesmo não diferindo estatisticamente do primeiro ano, é comum observar que o IVE também foi maior, pois as plântulas de chia mostraram-se mais vigorosas que as do ano sequente. Almeida et al. (2016) verificaram, ao estudarem seis lotes de sementes de chia, que cinco destes não apresentaram diferença significativa para o IVG, variando de 22,1 a 24,0, mesmo que a porcentagem de germinação destes lotes tenha se mostrado desuniforme.

No teste de frio, nas condições em que foi desenvolvido (sementes/10 dias de frio), as sementes de chia apresentaram elevada porcentagem de germinação (93%). No segundo ano, mostraram-se mais sensíveis para o teste, pois a porcentagem de germinação foi de 68%. Segundo Miguel e Cícero (1999), o teste de frio se baseia na avaliação da qualidade de sementes sob condições adversas de temperatura e é um dos testes de vigor mais utilizados em diversas regiões de clima temperado, onde a época de semeadura pode coincidir com períodos chuvosos e de baixa temperatura. Portanto, é considerado um teste de resistência, ou seja, o lote de sementes que melhor resistir às condições adversas será considerado mais vigoroso.

Para o envelhecimento acelerado não foi observada diferença significativa entre os dois anos de cultivo, a porcentagem de germinação foi de 62% no primeiro ano e 66% no segundo ano. Viganó et al. (2010) verificaram que o efeito do ano e épocas de semeadura refletiram sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo, para a maioria das cultivares avaliadas. Vale ressaltar que, quanto ao teor de água, as sementes apresentaram grau de umidade inicial de 8,4% nos dois anos de cultivo e, posteriormente à exposição ao envelhecimento, a umidade das sementes atingiu, igualmente, o valor de 9,0%, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente. Os dados de grau de umidade não foram analisados

estatisticamente, servindo apenas para a caracterização inicial e monitoramento das cultivares, após a realização do teste. Marcos Filho (1999) ressaltou que a variação mínima do teor de água das sementes é uma característica essencial para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes no teste de envelhecimento acelerado.

No teste de condutividade elétrica também foi observada diferença significativa para os dois anos de cultivo (Tabela 3). No primeiro ano foi observado maior valor de condutividade (398,85 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>), enquanto que no segundo ano o valor foi de 326,55 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, demonstrando que, neste ano, as sementes apresentaram maior vigor, pois valores de condutividade menores significam menor quantidade de íons liberada. Dutra, Medeiros Filho e Teófilo (2006) encontraram valores muito abaixo de condutividade para feijão caupi (66,45 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>), em comparação com os da chia. Talvez, essa diferença possa ser explicada pela capacidade que as sementes de chia têm de rápida absorção de água e da mucilagem que é formada ao redor da semente (IXTAINA et al., 2010; MUÑOZ et al., 2012). Provavelmente, os íons são liberados juntamente com a mucilagem fazendo com que o valor da condutividade de sementes de chia seja elevado.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios da extração da mucilagem de sementes de chia na interação concentração de água:semente e períodos de hidratação.

**Tabela 4** Extração da mucilagem de chia (gramas) em três quantidades de concentração de água e quatro tempos de hidratação

0		Tempo hidrata	ação (minutos)	
Concentração —	30	60	120	240
1:20	0,46aA	0,47aA	0,19aB	0,12aC
1:30	0,43aA	0,31bB	0,14bC	0,14aC
1:40	0,42aA	0,33bB	0,14bC	0,14aC
Média	0,44	0,37	0,16	0,13
CV (%)	9,24			

**Notas**: Médias diferentes seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A extração da mucilagem foi significativa para as concentrações nos tempos de hidratação de 60 e 120 minutos, diferindo estatisticamente entre si. Com a concentração de 1:20 e 60 minutos de hidratação foi obtida a maior quantidade de mucilagem (0,47 g). As sementes de chia, nas diferentes concentrações, com 30 minutos de hidratação, apresentaram maior média geral de mucilagem (0,44 g), em comparação às sementes que foram hidratadas por 60 minutos, a mucilagem foi de 0,37 g.

Na interação tempo de hidratação x concentração, verifica-se que o tempo de hidratação de 30 minutos, para todas as concentrações, e o tempo de 60 minutos para a concentração de 1:20 foram superiores aos demais, quanto à extração da mucilagem, o que sugere que são mais indicados para extração, podendo-se seguir esta metodologia.

Muñoz et al. (2012) também verificaram que a temperatura e a relação semente-água tiveram efeito significativo sobre o rendimento da extração da mucilagem de chia (7% de rendimento). Valores inferiores foram observados por Reyes-Caudillo, Tecante e Valdivia-López (2008): 6%, Ayerza e Coates (2001): 5% e Marin Flores et al. (2008): 15,1%. Todos utilizaram metodologias diferenciadas para a extração.

A curva de absorção realizada com sementes de chia (dados ainda não publicados deste autor) demonstram que, nos primeiros 60 minutos, a absorção de água das sementes de chia é muita rápida, na próxima hora as sementes mantém a absorção e, na sequência, ocorre queda na quantidade desta embebição, por isso não se faz necessário hidratar as sementes por mais de 60 minutos, em que estas já absorveram quantidade quase que máxima de sua capacidade.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios da extração da mucilagem de sementes de chia cultivada no período de inverno na região de Cascavel – PR, nos anos agrícolas de 2014 e 2015.

**Tabela 5** Extração da mucilagem de chia (gramas), nos anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015 em Cascavel - PR

Concentração —	Tempo hidrata	ação (30 minutos)
Concentração ———	2013/2014	2014/2015
1:20	0,46a	0,30b
Média		0,38
CV (%)	(	0,34

**Nota**: Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se diferença significativa na extração da mucilagem nos dois anos de cultivo. No primeiro ano foram obtidos 0,46 g de mucilagem e no segundo ano 0,30 g. Fator que pode estar relacionado com a quantidade de precipitação que ocorreu na época de colheita do segundo ano de cultivo (Figura 1), pois, com a ocorrência de chuva antes da colheita, as sementes absorvem água e, após alguns dias de seca perdem esta água. Se isso ocorrer frequentemente pode ocasionar perda de massa da semente. Diversos fatores podem influenciar na extração da mucilagem das sementes de chia, como o tempo de hidratação, a proporção de água semente, a temperatura e o método de extração, fazendo-se necessários estudos mais aprofundados sobre este parâmetro.

# 4 CONCLUSÃO

A metodologia proposta foi eficiente para a extração da mucilagem de sementes de chia, porém, a qualidade fisiológica de sementes não foi fator que tenha influenciado na produção da mucilagem.

## **REFERÊNCIAS**

ABEROUMAND, A.; DEOKULE, S. S. Comparison of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 7, p. 582-5, 2008.

ALMEIDA, T. L.; RODRIGUES, D. B.; ROSA, T. D.; OLANDA, G. B.; FARIA, C. R. J. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de chia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia - GO, v.13, n. 23, p. 1117-1122, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. Washington, DC: AOSA, 2009. (Contribution, 32). 105 p.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia seeds**: new source of omega-3 fatty acids, natural antioxidants, and dietetic fiber. Tucson: Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies, 2001. 3 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria 398 de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, 30 de maio de 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes**. Brasília - DF: ANVISA, 2013a. 41 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, n. 183, 20 set. 2013b. Seção 1, p. 6-27.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília - DF: Mapa/ACS. 2009. 399 p.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispânica L*) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 110, n. 6, p. 946-949, 2010.

BUSILACCHI, H.; BUENO, M.; SEVERIN, C.; DI SAPIO, O.; QUIROGA, M.; FLORES, V. Evaluation of *Salvia hispanica* L. cultivated in the south of Santa Fe (Argentina). **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 34, n. 4, p. 55-59, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal - SP: FUNEP, 2000.

COATES, W.; AYERZA, R. Production potential of chia in northwestern Argentina. **Industrial Crops and Products**, v. 5, n. 3, p. 229-233, 1996.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

- COSTA, C. J.; TRZECIAK, M. B.; VILLELA, F. A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v. 26, n. 2, p.144-148, 2008.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza CE, v. 37, n. 2, p.166-170, 2006.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.
- EGLI, D. B.; HAMMAN, B.; RUCKER, M. Seed vigor and uniformity of seedlings emergence in soybean. **Seed Technology**, v. 32, n. 2, p. 87-95, 2010.
- IXTAINA, V. Y. MARTINEZ, M. L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C. M.; MAESTRI, D. M.; DIEHL, B. W. K.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, Palmerston North, v. 24, n. 2, p.166- 174, 2011.
- IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 3, p. 286–293, 2008.
- IXTAINA, V. Y.; VEGA, A.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C.; GIMENO, M.; BÁRZANA, E.; TECANTE, A. Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). Characterization and process optimization. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 55, n. 1, p. 192-199, 2010.
- JIN, F.; NIEMAN, D. C.; SHA, W.; XIE, G.; QIU, Y.; JIA, W. Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, n. 2, p.105-110, 2012.
- KARTZOW, A. C. Estudio de pre factibilidad técnico-económica del cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.) en Chile. Informe final, Santiago, Chile: FIA, 2013, 102 p.
- KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH. L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria RS v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.
- KUMMER, C.; PHILLIPS, T. **Center for crop diversification**: chia. Lexington: Cooperative Extension Service University of Kentucky College of Agriculture, 2012. 3 p.
- LIMA JR, M. J. **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus-AmazonasC UFAM, 2010, p. 5, 7 e 27.
- LOEFFLER, T. M.; MEYER, J. L.; BURRIS, J. S. Comparison of two test procedures for use in maize drying studies. **Seed Science and Technology**, v. 13, p. 653-658, 1985.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina PR, v. 23, n. 1, 2013.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

- MARIN, F. M.; ACEVEDO, M. J.; TAMEZ, R. M.; NEVERO, M. J.; GARAY, A. L. **Method for obtaining mucilage from** *Salvia hispanica* **L.** Heidelberg: Springer, 2008.
- MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; PANOZZO, L. E.; CARVALHO, R. R.; ZUCHI, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 30, p. 139-144, 2008.
- MIGUEL, M. H.; CICERO, S. M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 21, n. 2, p. 35-42, 1999.
- MIRANDA, F. **Guía técnica para el manejo del cultivo de chía (Salvia hispanica) en Nicaragua**. Nicaragua: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación del Norte, 2012. 14 p.
- MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. A. Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 34, n.1, p. 143-155, 2012.
- MUNIZZI, A.; BRACCINI, A. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v.32, n.1, p.176-185, 2010.
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, v. 108, p. 216-224, 2012.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. *In:* KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina PR: ABRATES, 1999. 218 p.
- PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; SÁ, F. V. S.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; LEITE, M. S. Light regime and temperature on seed germination in *Salvia hispanica* L. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 513-519. 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i4.30544.
- REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fiber content and antioxidant activity of phenolic compounds present in mexican chia (*Salvia hispanica* I.) seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, n. 2, p. 656-663, 2008.
- ROVATI, A.; ESCOBAR, E.; PRADO, C. Metodología alternativa para evaluar la calidad de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) en Tucumán, R. Argentina. **Avance Agroindustrial**, Santa Fe, v. 33, n. 3, p. 44-46, 2012.
- SANDOVAL-OLIVEROS, M. R.; PAREDES-LÓPES, O. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 1, p. 193-201, 2013.
- SILVA F.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ SIMEPAR. Tecnologia e informações ambientais. **Monitoramento e previsão climática**. Região de Cascavel. 2016. Disponível em: http://www.simepar.br. Acesso em: 23 nov. 2016.

- SPADA, J. C.; DICK, M.; PAGNO, C. H.; Vieira, A. C.; BERNSTEIN; A.; COGHETTO, C.C.; MARCZAK; L. D. F.; TESSARO; I. C.; CARDOZO; N. S. M.; FLÔRES, S. H. Physical, chemical and sensory characterization of soy-based desserts made with chia mucilage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 374-379, 2014.
- STRINGHETA, P. G; OLIVEIRA, T. T; GOMES, R. C; AMARAL, M. P. H; CARVALHO, A. F; VILELA, M. A. P. Políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais e de saúde para alimentos no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 2, p. 181-194, 2007.
- UTPOTT, M. Utilização da mucilagem da chia (Salvia hispanica I.) na substituição de gordura e/ou gema de ovo em maionese. 2012. 50 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- VÁZQUEZ-OVANDO, A. J.; ROSADO-RUBIO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A. Dry processing of chia (*Salvia hispanica* L.) flour: chemical characterization of fiber and protein. **Journal of Food**, v. 8, n. 2 p. 117-127, 2010.
- 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 PR: ABRATES, 1999. cap.4, p. 4.1-4.26.
- VIGANÓ, J. BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta aos efeitos de anos e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina PR, v. 32, n. 3 p. 86-96, 2010.

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A cada dia mais pessoas fazem uso de sementes de chia, buscando melhorar sua saúde e alimentar-se de forma mais saudável. Porém, como esta cultura ainda é recente em trabalhos científicos, são necessárias pesquisas sobre o cultivo, a adubação, a qualidade de sementes, a produtividade e outros, para, assim, melhorar a produção, facilitar o manejo e estabelecer recomendações técnicas para regiões específicas.

O estabelecimento de padrões para a realização de testes de qualidade é baseado em resultados de pesquisas que apontam condições mais adequadas para cada cultura, pois, cada espécie tem sua especificidade. Essa padronização irá auxiliar a conduta de analistas e laboratórios e dar suporte para o estabelecimento de legislação sobre esse parâmetro. As sementes de chia, por exemplo, são muito pequenas e a maior limitação para este estudo foi exatamente o tamanho dos grãos, fazendo-se necessárias adaptações para realização dos testes.

Nesse sentido, este estudo foi importante, pois definiu testes que podem ser utilizados para diferenciar sementes vigorosas das demais, auxiliando a manter elevada a sua qualidade e estabeleceu parâmetros que podem ser utilizados para estudos futuros para determinação de novas metodologias.