



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.)  
*DAS CULTIVARES TREBOL E BRS SEDA***

**GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA SILVA  
LUCAS SIMIONI LIMA DOURADO**

**BRASÍLIA-DF  
JULHO/2019**

**GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA SILVA  
LUCAS SIMIONI LIMA DOURADO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.)  
*DAS CULTIVARES TREBOL E BRS SEDA***

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira(o) Agrônoma(o)

Orientador:  
PROF. Dr. MARCELO FAGIOLI

**BRASÍLIA-DF  
JULHO/2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sa	<p>SILVA; DOURADO, GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA; LUCAS SIMIONI LIMA</p> <p>Avaliação da qualidade fisiológica da semente de gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) das cultivares Trebol e BRS Seda / GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA; LUCAS SIMIONI LIMA SILVA; DOURADO; orientador Marcelo Fagioli. -- Brasília, 2019. 39 p.</p> <p>Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2019.</p> <p>1. <i>Sesamum indicum</i> L.. 2. Testes de qualidade. 3. Testes de vigor. 4. Qualidade de sementes. I. Fagioli, Marcelo, orient. II. Título.</p>
----	--

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

SILVA, G.C. de O.; DOURADO, L.S.L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) das cultivares Trebol e BRS Seda. Monografia (Graduação - Agronomia), Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 39p. 2019.

### CESSÃO DE DIREITOS:

NOME DOS AUTORES: Giordana Cruz de Oliveira Silva e Lucas Simioni Lima Dourado

TÍTULO: Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) das cultivares Trebol e BRS Seda

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste relatório e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva - se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte deste relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

**GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA SILVA - 140067647**

giordanacruzdeoliveira@gmail.com

**LUCAS SIMIONI LIMA DOURADO - 140045708**

lucasunb.icm@gmail.com

**GIORDANA CRUZ DE OLIVEIRA SILVA  
LUCAS SIMIONI LIMA DOURADO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.)  
DAS CULTIVARES TREBOL E BRS SEDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheira(o) Agrônoma(o).

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcelo Fagioli  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária  
Universidade de Brasília  
Orientador  
E-mail: mfagioli67@gmail.com

---

José de Oliveira Cruz  
Eng. Agro. Msc.  
Doutorando na UnB  
Examinador  
E-mail: josecruz08@yahoo.com

---

Bárbara Emanoele Dias da Silva de Souza  
Enga. Agro(a).  
Mestranda na UnB  
Examinador  
E-mail: barbara.souza456@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos por este trabalho primeiramente a Deus.

A família que nos guiou nos momentos turbulentos e nos apoiou.

Aos professores, em especial, o orientador Marcelo Fagioli, que nos mostrou o caminho do conhecimento e nos instigou a buscar respostas e sanar nossas indagações.

Aos amigos Amanda, Ana Clara, Jhon, Janlylle, Karen, Letícia, Lorrany, Lucas Vitório, Luana, Marta, Thamires, Stéfany. Existem amigos mais chegados que irmãos.

Ao amor da Giordana, e a todos aqueles, que participaram e contribuíram de alguma forma com a realização deste trabalho.

E a empresa Agro Xingu por terem disponibilizado as sementes.

*Dedicamos este trabalho a família e amigos.*

## RESUMO

O gergelim é uma cultura rústica, adaptada às condições de estresse hídrico, de baixa a alta tecnologia, com grãos de alto valor nutricional sendo exportado pelo Brasil. O objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade fisiológica (germinação e vigor) de lotes de duas cultivares de gergelim sob diferentes manejos agronômicos e épocas de colheita. Avaliar a qualidade fisiológica entre lotes das cultivares Trebol e BRS Seda com e sem dessecação (lote Trebol L5) em duas épocas de colheita. Avaliar a relação entre o teste de tetrazólio e os testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, e a emergência controlada das plântulas. Utilizou-se sementes de 5 lotes da cultivar Trebol e 4 lotes da BRS Seda. Foi realizada a determinação de teor de água e conduzidos os testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência controlada, condutividade elétrica e tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Para análise estatística foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Pelos resultados pode se concluir que existe diferença na qualidade fisiológica dos lotes das cultivares Trebol e BRS Seda. A cultivar Trebol Lote 5 foi a única com sementes oriundas de área dessecada para a colheita e sua qualidade fisiológica não foi comprometida em relação às outras áreas com os diferentes materiais avaliados. A partir dos testes utilizados pode-se afirmar que a germinação pelo teste padrão de germinação, o envelhecimento acelerado e a emergência controlada em areia mostraram semelhantes resultados. O teste de condutividade elétrica deve ser aprimorado para avaliação de vigor em sementes de gergelim.

**Palavras-chave:** germinação, dessecação de sementes, tecnologia de sementes, épocas de cultivo.

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÕES	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

## 1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma Pedaliaceae de origem no continente Sub Indiano. Cultura oleaginosa anual e de uso milenar, que foi introduzida no Brasil no século XVI pelos portugueses durante as grandes navegações, sendo denominado de *Gergelly*.

O gergelim ainda hoje pode ser considerado uma cultura de cultivo secundário, sendo produzido principalmente em áreas marginais com solos de baixa fertilidade resultando em baixos rendimentos por área. Apesar da produtividade do gergelim ser inferior a culturas como algodão, soja, milho, girassol, mamona, possui alta qualidade nutricional contendo ácidos graxos com ação antioxidante, altos teores proteicos, cerca de 20% e lipídicos 50%, além de vitaminas e sais.

Os grãos na alimentação humana podem ser utilizados na forma de confeitos como bolos, tortas, consumidas in natura, podem ser usados na alimentação animais ou utilizados pela indústria de cosméticos, além de apresentar ação fungicida e bactericida.

Se trata de uma cultura que demanda pouco manejo cultural, possui resistência ao déficit hídrico, é bem adaptada às regiões Semiáridas do Nordeste brasileiro, além de apresentar bom preço de mercado, sendo uma alternativa de importância econômica e social para a agricultura familiar. Esta cultura faz parte do Programa Nacional de Produção de Biodiesel, na tentativa de diversificação da matriz energética.

O melhoramento genético para esta cultura busca o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições climáticas do bioma cerrado, com altos teores de óleo e características que facilitem a colheita mecanizada.

Um apoio ao sistema de produção e a oferta de sementes com alta qualidade fisiológica, a fim de possibilitar um estabelecimento de plantas dentro do recomendado e impactar numa maior produtividade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Comparar qualidade fisiológica (germinação e vigor) de lotes de duas cultivares de gergelim sob diferentes manejos agronômicos e épocas de colheita.

### **2.2 Específicos**

Avaliar a qualidade fisiológica entre lotes das cultivares Trebol e BRS Seda com e sem dessecação (lote Trebol L5) em duas épocas de colheita;

Avaliar a relação entre o teste de tetrazólio e os testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, e a emergência controlada das plântulas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância, origem do gergelim e melhoramento genético

##### 3.1.1 Situação econômica no mundo

A área de cultivo com gergelim no mundo é de aproximadamente 10 milhões de hectares, com produção estimada em 5,53 milhões de toneladas anuais e rendimento médio de 554 kg/ha. Dentre os principais produtores mundiais, destacam-se: Tanzânia, Myanmar, Índia, Nigéria, Sudão, China, Etiópia, Sudão do Sul e Burkina Faso (Figura 1).

Segundo Beltrão (2001) os principais países produtores têm o gergelim como uma cultura oleaginosa de baixo custo econômico, resultado da utilização de solos pobres, justificando o rendimento médio unitário bem abaixo da média mundial.

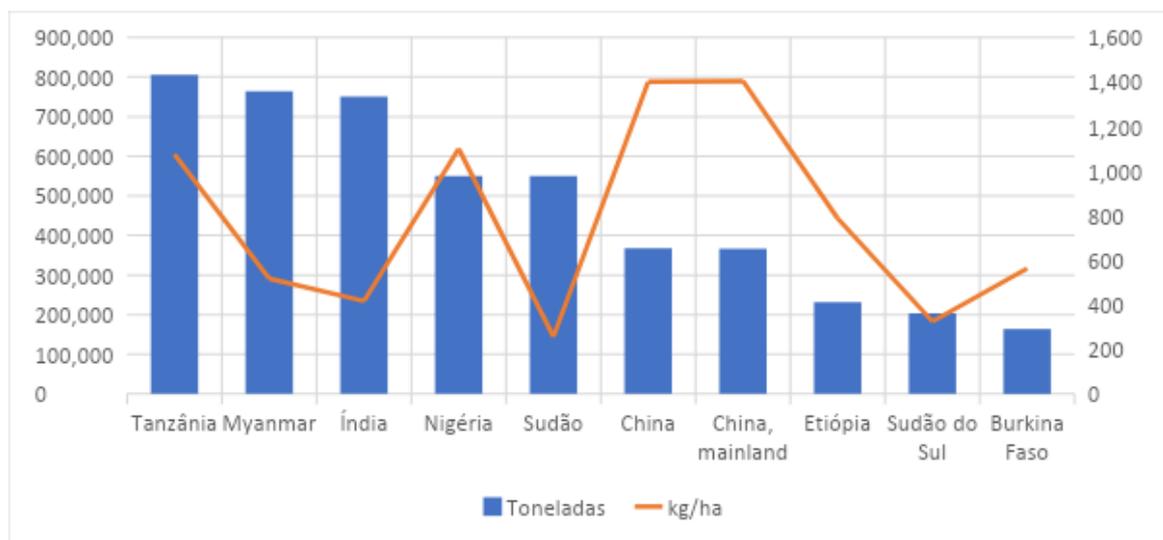


Figura 1. Principais países produtores de sementes de gergelim, base safra 2017, em produção total e produtividade (Fonte: FAO, 2017).

A área mundial cultivada com gergelim cresceu gradualmente entre os anos 2000 e 2017, houve tendência de estabilização, ocorrendo leves flutuações alternadas de crescimento e queda nos últimos anos. Considerando este período, houve um crescimento significativo na produção mundial, porém de 2015 a 2017 a produção mundial decresceu ligeiramente (Tabela 1).

Tabela 1. Principais países produtores de gergelim, anos base 2000 a 2017, em área, produção, importação e exportação de grãos.

PRINCIPAIS PAÍSES	MÉDIA			ANO		
	2000/05	2006/11	2012/17	2015	2016	2017
ÁREA (mil/ha)						
Índia	1.683,8	1.863,1	1.801,5	1.947	1.900	1.800
Myanmar	1.253,2	1.473,9	1.494,4	1.511,3	1.495,3	1.478,2
Tanzânia	98,470	207,8	844,8	978,8	900	750
Mundo	7.062,2	7.795,7	9.948,1	9.892,4	10.314,3	9.983
PRODUÇÃO (mil/ton)						
Tanzânia	53,4	140,4	923,9	1.174,6	943,3	805,7
Mianmar	411,6	760,7	803,1	828,3	813	764,3
Índia	625,7	717,8	762,7	850	747	751
Nigéria	79,5	139,6	486,4	171,9	450	550
Mundo	3.096,2	3.976,6	5.758,5	5.702,8	5.631,4	5.531,9
IMPORTAÇÃO (mil/ton)						
	2000/05	2006/11	2012/16	2014	2015	2016
China	93,9	330,6	671	616,2	845,9	977
União Europeia	116,3	129,7	151,6	153,2	161,6	154,8
Japão	155,4	161,4	161,1	168,2	184,7	152,1
Mundo	825,8	1.203,4	1.684,7	1.652,4	1.883	2.005
EXPORTAÇÃO (mil/ton)						
	2000/05	2006/11	2012/16	2014	2015	2016
Etiópia	77,3	199,7	309,1	303,8	301,9	382
Índia	177,7	281,8	321,7	372,4	303,5	325,9
Mundo	792,2	1.155,9	1.681	1.668,9	1.807,1	1.895,6

Fonte: FAO (2017)

### 3.1.2 Origem do gergelim (*Sesamum indicum* L.)

O gênero *Sesamum*, e outros gêneros da família Pedaliaceae, tem a maioria de suas espécies com origem na região do continente africano. Apesar da controvérsia sobre a origem do gergelim, estudos genéticos de domesticação da espécie, mostram que a espécie cultivada é originária de populações selvagens do continente Sub Indiano (BEDIGIAN, 2003).

O gergelim tem centro de origem secundário, no Extremo Oriente, Subcontinente Indiano, Ásia Central, Ásia Ocidental, e primário na Região Etiópica (MAZZANI, 1983). O centro de origem concentra a variabilidade genética de uma espécie e a expansão geográfica leva a formação de centros secundários pela existência de barreiras no tempo e espaço (VAVILOV, 1992).

A descrição de espécies do gênero *Sesamum* foi revisado com base em obras de Bedigian, para 23 espécies, incluindo 22 espécies presentes na África, 5 na Ásia, 7 presente na África e Ásia, uma no Brasil (*Sesamum indicum* L.) e outra em uma ilha grega (IPGRI; NBPGR, 2004).

Segundo Bedigian (2003), o progenitor que originou o gergelim é o táxon *Sesamum orientale* var *malabaricum*, apresentando similaridades genéticas, morfológicas e químicas. O diagnóstico de domesticação foi comprovado por meio do cruzamento das espécies que resultaram em um híbrido fértil. Resultados de análises filogenéticas de regiões do DNA cloroplasmático *ndhF* e *trnLF* embasam a confirmação de proximidade filogenética das espécies *S. indicum* e *S. orientale* var *malabaricum*. O gergelim e a espécie *S. orientale* var *malabaricum* similarmente possuem o mesmo número cromossômico diploide,  $2n = 26$  (BEDIGIAN, 2003).

A primeira coleção de recursos genéticos de gergelim do mundo, foi realizado pelo Departamento de Agricultura dos EUA, gerando uma caracterização morfológica dos acessos por região geográfica, ficando evidenciado a relação ecológica e genética entre acessos de mesma origem geográfica. Os acessos do Japão e Extremo Asiático predominaram materiais 'tetracarpelares', enquanto os dos demais países asiáticos predominou os 'bicarpelares' (BEDIGIAN, 2003).

O gergelim é uma das oleaginosas mais antigas em uso pela humanidade, possivelmente incorporada aos sistemas de cultivo agrícolas desde seu início, há cerca de 10.000 anos atrás (WEISS, 1983). A introdução do gergelim no Brasil se deu pelos navegadores portugueses, no século XVI, após o processo de colonização da América, recebendo o nome de *Gergelly* (ARRIEL et al., 2009).

### **3.2 Uso dos grãos**

O consumo mundial de grãos de gergelim se caracteriza, por 88% do consumo em grãos, sendo 70% do total produzido processado pela indústria alimentícia, 8% utilizado na forma de torta para alimentação animal e, 4% na produção de óleo. As sementes de gergelim são utilizadas no preparo de confeitos como pães, bolos, tortas, doces, biscoitos, além do consumo de pratos na culinária caseira (ANILAKUMAR et al., 2014).

Além disso, culturas oleaginosas como o gergelim são promissoras na produção de biodiesel, apresentando o mérito de serem fontes sustentáveis e renováveis. O incentivo do governo brasileiro a produção de gergelim no Brasil ocorre através do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) criado em 2004, com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira, e contribuir com a redução dos gases do efeito estufa (monóxido de carbono, enxofre e metano), dentre as regiões do país o Centro-Oeste é a que apresenta a maior expressão em participação. O programa inclui além do gergelim, as seguintes culturas: soja, dendê, mamona, canola, amendoim e girassol (PNPB, 2011).

O óleo de gergelim apresenta características antioxidantes contribuindo com um maior prazo de validade para a indústria alimentícia, sendo utilizado como ingrediente na produção de cosméticos. O ácido graxo sesamina presente nesse óleo tem efeito bactericida, inseticida e antioxidante, além de contribuir com o equilíbrio na absorção e produção de colesterol pelo fígado. A sesamolina é utilizada em associação com agroquímicos do grupo piretróide por apresentar efeito sinérgico no controle de insetos. O óleo de gergelim é utilizado na produção de gorduras, óleos, margarinas e sabões (ANILAKUMAR et al., 2014).

#### **3.2.1 Composição nutricional**

O teor ideal de umidade de grãos para armazenamento é de até 6%, com proteínas oscilando em até 20%, e lipídeos em 50%. O gergelim é um alimento de rica nutrição, apresenta uma alta composição de gorduras insaturadas, como o oleico e linoleico, ácidos graxos insaturados, sesamol, sesamolina, sesamina e gama tocoferol conferindo sua alta qualidade. Semente rica em proteínas, cerca de 20%, vitaminas do complexo B, e minerais (cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio) (ARRIEL, 2007).

### **3.3 Melhoramento genético**

O programa de melhoramento genético do gergelim recebeu pouca atenção da ciência, inicialmente focando-se em técnicas convencionais devido à falta de instrumentos gênicos, porém nos últimos anos foi desenvolvido o mapeamento genético, com descrição de marcadores gênicos de características agronômicas como qualidade (WEI et al., 2011; ZHANG et al., 2012), altos teores de óleos (KE et al., 2011; WANG et al., 2014), tolerância a seca (DOSSA et al., 2017) e ao encharcamento (WANG et al., 2014, 2016), resistência a doenças (WEI et al., 2015), esterilidade masculina (LIU et al., 2013) e alto rendimento (ZHANG et al., 2012), que podem contribuir com o desenvolvimento de materiais promissores (DOSSA et al., 2017).

Os genes responsáveis pela indeiscência das cápsulas de gergelim apresentam pleiotropismo, condicionando alterações morfológicas, redução da taxa de produção de pólen e deformação de frutos, assim afetando o rendimento médio da cultura, por isso a maior parte das cultivares utilizadas no mundo são deiscentes (LANGHAM et al., 2008). Estudos genéticos recentes compararam um mutante *cl1* com um material selvagem e relacionaram os efeitos do gene recessivo de ação pleiotrópica no fenótipo, e verificaram formação de plantas com folhas crespas e indeiscência das cápsulas, os tecidos da mesoderme que conectam os carpelos da cápsula apresentam maior número de camadas de células parenquimatosas (ZHANG et al., 2018).

### **3.4 Caracterização morfológica da semente**

As sementes de gergelim apresentam formato ovalado, ligeiramente achatadas, com coloração variando do branco ao preto, verde-oliva, marrom e amarelo. Semente dicotiledonar com tecidos separados, mas ligados pelo eixo embrionário onde está a radícula, presente no ponto acuminado da semente (BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

### **3.5 Testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes**

#### **3.5.1 Qualidade fisiológica**

As sementes de gergelim apresentam emergência epígea, crescimento inicial lento com germinação variando entre 3 a 5 dias, durante a germinação as sementes não suportam falta de água (MEDEIROS et al., 2015) e nem anoxia, possui preferência por solos arenosos (ARRIEL et al., 2009), o padrão mínimo de qualidade internacional para peso médio de mil sementes acima de 3,0 gramas (BELTRÃO; VIEIRA, 2001) taxa de germinação acima de 70% (BRASIL, 2013).

As sementes de coloração escura como a cultivar CNPA G4, apresentam maiores concentrações de cálcio e enxofre que as cultivares brancas (BRS Seda), contendo assim, um sabor amargo que não se elimina pela despeliculação (retirada da casca), pois, diferente das sementes brancas, que possuem oxalato de cálcio e fibra não digerível (responsáveis pelo sabor amargo) apenas na casca e não no endosperma. Diferentes trabalhos verificaram uma correlação positiva entre teor de óleo e massa de mil sementes, para diversas cultivares com condução em diferentes regiões e épocas de cultivo (QUEIROGA et al., 2010).

#### **3.5.2 Teor de água (TA)**

O estudo da maturação possibilita a definição do momento adequado para colheita das sementes. A maturação é o momento, na qual, a semente apresenta máximo de germinação, vigor e matéria seca (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o desenvolvimento do zigoto na semente madura decorre da variação de características de natureza física e fisiológica, tais como tamanho, teor de água, germinação, vigor, conteúdo de matéria seca.

A semente na maturação fisiológica apresenta um teor de água elevado, na faixa de 80%. Poucos dias após, há suave elevação do teor de água atingindo o pico da curva de umidade, em seguida, sofre uma desidratação que é variável na duração quanto a cultivar, condições ambientais e estágio fenológico de desenvolvimento. A partir de um momento, a planta não é mais capaz de controlar a umidade da semente, a dinâmica de troca de umidade com o meio se inicia, característica denominada higroscopicidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

### 3.5.3 Teste padrão de germinação (TPG)

A germinação, processo fisiológico de retomada do desenvolvimento do eixo embrionário das sementes, interrompido por ocasião de maturidade fisiológica, inicia-se na embebição de água pela semente e há conseqüente ganho em peso pela hidratação dos tecidos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No fim da germinação a respiração se intensifica, e há aceleração da multiplicação e divisão celular, além da diferenciação celular formando os tecidos da raiz e parte aérea, até que a planta seja fotossinteticamente ativa (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960).

Na Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) o conceito de germinação tem um caráter mais prático, sendo definido como a emergência e desenvolvimento de tecidos do embrião, formando plântulas normais em um período específico sendo capazes de se desenvolverem em condições ideais de campo.

O objetivo do teste é definir parâmetro padrão de qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes a fim de comparação, condicionando a comercialização a padrões mínimos de qualidade. A porcentagem de germinação e o teor de pureza, são utilizados na definição do volume de semente necessário em semeadura para alcance de estande populacional potencial (BRASIL, 2009).

Segundo Carvalho et al. (2001) a temperatura mínima para germinação do gergelim está entre 12,8 e 13,2 °C, a temperatura máxima entre 45,5 e 45 °C. A ocorrência de temperaturas abaixo da mínima em pré-incubação, não afetam o potencial germinativo, quando transferidas a temperatura de 30 °C para germinação. A temperatura ideal, na qual, se atinge o potencial máximo de germinação oscila de 31,9 °C a 35,1 °C (CARVALHO et al., 2001).

### 3.5.4 Envelhecimento acelerado (EA)

A característica de higroscopia, troca de umidade com o meio, condiciona o teste de envelhecimento acelerado padrão, que consiste na absorção de umidade pelas sementes quando inseridas em um ambiente saturado (100% umidade) causando a deterioração das sementes. Posteriormente é conduzida a germinação padrão para estimativa da perda de vigor (TORRES, 2005).

A ação de envelhecimento acelerado na semente é dada pelos radicais livres como hidroxilas (-OH), superóxidos ( $O_2$ ) e peróxidos de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), que contém pares de elétrons desemparelhados, atuando como agentes ativos que desestruturam grandes polímeros como os ácidos graxos que formam as

membranas celulares e com a entrada dessas moléculas nas células inicia-se a ação de degradação oxidativa de ácidos graxos poli-insaturados (BAILLY et al., 1998).

### **3.5.5 Teste de tetrazólio (TZ)**

O teste de tetrazólio indica a ação da enzima desidrogenase, pertencente ao ciclo da glicólise e ciclo de Krebs, na qual, realiza o processo de respiração na mitocôndria. Esse grupo de enzimas, em especial, a desidrogenase do ácido málico, reduzem a molécula do sal de tetrazólio (2,3,5 - Trifenil cloreto de tetrazólio), em trifenilformazan, substância de coloração vermelha, não difusível e estável (FRANÇA-NETO et al., 1998)

A alteração de coloração das sementes indica a presença de respiração dos tecidos a nível celular, sendo esta utilizada como indicador de viabilidade de germinação das sementes. Tecidos brancos não apresentam respiração, assim, essas sementes estão mortas (inviáveis), tecidos de cor vermelho carmim é o estado normal (viável), e quando coloridas em um vermelho mais intenso, é o resultado de alta atividade respiratória, ou seja, se encontram em processo de deterioração (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 1998).

### **3.5.6 Condutividade elétrica (CE)**

O teste de condutividade elétrica estima o nível de integridade das membranas celulares apresentando correlação com o vigor das sementes, informando seu potencial fisiológico. Este teste apresenta vantagens quando comparado ao teste de germinação padrão pelo baixo custo, rapidez e facilidade na aquisição dos resultados. Quanto menor o resultado da condutividade, medida em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , melhor o vigor das sementes testadas, por sua vez, quanto maior o resultado pior é o estado de deterioração e menor o vigor (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

## **3.6 Fatores que afetam a produção e a qualidade fisiológica**

### **3.6.1 Clima**

A planta de gergelim possui um bom aproveitamento dos raios solares devido a sua heterofilia, diferenças foliares morfológicas por estrato do dossel, sendo necessário uma abundante iluminação solar (BELTRÃO, 2001).

Durante os períodos de maturação e colheita dos frutos, é essencial a ocorrência de baixa umidade relativa, baixa precipitação e estiagem bem definida. Na diferença de umidade das sementes com o meio, devido a sua higroscopicidade, tendem a trocar umidade até o equilíbrio, esse processo aumenta as taxas respiratórias e gastos das reservas dos tecidos nutritivos, facilitando o ataque de pragas e doenças (MAZZANI, 1983).

O gergelim se desenvolve bem em regiões de altas temperaturas, baixas altitudes e abundância de iluminação solar. Condições de seca ocorrentes no Semiárido e Árido Nordestino, inibem a ocorrência e facilitam o controle de doenças fúngicas, como cercospora e mancha de fusarium, transmissíveis via sementes (MAZZANI, 1983).

### **3.6.2 Condições edáficas**

O gergelim possui resistência a condições de déficit hídrico, sendo capaz de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e baixa umidade. Apesar da plasticidade de cultivo nas diferentes texturas de solo, solos com texturas mais leves (arenosas), profundidade acima de 60 cm, e de boa drenabilidade, são condições fundamentais ao alcance do seu potencial de desenvolvimento/crescimento. Preferência por solos de pH tendendo a neutralidade (7,0), não tolera solos extremamente ácidos, com pH abaixo de 5,5, ou muito básicos, com pH acima de 8,0, sendo extremamente sensíveis a alcalinidade, principalmente pela ação tóxica do sódio (Na) (ARRIEL, 2007).

### **3.6.3 Época de plantio**

A época de plantio é variável de acordo com as condições climáticas da região em questão. A duração do ciclo do gergelim influi na tomada de decisão do momento ideal de semeadura, o produtor de sementes deve considerar a sincronia do amadurecimento das plantas com o período de seca ou de poucas chuvas da região a ser cultivada, pois quando as plantas estão em processo de deiscência,

abertura das cápsulas, a chuva pode umedecer o grão/semente causando sua deterioração, que sofrem alteração de coloração para tons enegrecidos, perdendo em padrão de qualidade do grão para exportação e germinação no caso de sementes (BELTRÃO et al., 1994).

As cultivares são classificadas quanto ao ciclo em tardias, de 130 a 160 dias, médias, de 120 a 100 dias, e precoces, de 70 a 90 dias. No momento de compra de sementes é crucial a obtenção das características da cultivar comercializada, como duração do ciclo e nível de deiscência dos frutos, principalmente para colheita mecanizada, visando o planejamento do período ideal para realização da semeadura (QUEIROGA et al., 2008).

#### **3.6.4 Irrigação**

O gergelim é uma das espécies cultivadas mais resistentes a seca no mundo, sendo adaptada às condições de clima árido e semiárido de baixa precipitação e baixa umidade. Os maiores rendimentos para o gergelim são alcançados em sistemas de produção irrigado, podendo superar 2.500 kg/ha, porém é extremamente sensível ao encharcamento, sendo necessário realizar irrigações leves e frequentes (LANGHAM, 2008).

A irrigação por aspersão é indicada para climas de baixa umidade relativa. Para regiões úmidas o ideal é a irrigação em superfície (em sulco), pois quando empregada a irrigação por aspersão em regiões úmidas, esta favorece o desenvolvimento de doenças foliares fúngicas. A produtividade depende da disponibilidade hídrica do perfil do solo no plantio, da irrigação entre as fases fenológicas de germinação e maturação. Chuvas após a maturação dos frutos, além de não contribuírem com a produtividade, podem deteriorar os frutos quando já sofreram senescência (LANGHAM et al., 2008).

#### **3.7 Padrões de produção e comercialização de sementes de gergelim**

A Instrução Normativa 45/2013, de setembro de 2013, define os padrões de identificação e qualidade mínimos para produção e comercialização de sementes de diversas espécies como o gergelim. A legislação estabelece a condução de vistorias de campo e testes laboratoriais de qualidade fisiológica das sementes (BRASIL, 2013).

Para o gergelim as avaliações das sementes são realizadas unitariamente por lote de semente comercial, os lotes a serem analisados devem conter no máximo 10.000 kg. A amostra mínima de semente, considerando sua representatividade, deve apresentar um peso de 70 g para realização de teste de pureza e 7 g para determinação de outras sementes por número (BRASIL, 2013).

Os padrões de qualidade de sementes de gergelim estabelecidos pela IN nº 45 para teor de pureza é de 98%, dessa forma 2% máximo de impurezas que devem ser listadas a composição e porcentagem no laudo de sementes; o teor de germinação mínimo para comercialização de sementes é de 60% para sementes básicas e 70% para as demais classes (C1, C2, S1 e S2) (BRASIL, 2013).

O prazo de validade dos testes de germinação de 6 meses para todas as classes de sementes de gergelim, e quando necessário a reanálise do teste de germinação tem-se acréscimo de 4 meses na validade do novo teste (BRASIL, 2013).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local de condução dos experimentos e acondicionamento dos genótipos

A condução do trabalho se deu no Laboratório de Sementes pertencente à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF, localizado no ICC central.

As sementes para a realização deste trabalho foram provenientes da safra 17/18 e foram disponibilizadas por um grupo de produtores de sementes de gergelim, localizado no estado da Bahia (Tabela 2). As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos guardados no interior de caixas de papel. Para manutenção da qualidade das sementes e impedimento de sua deterioração, os materiais foram devidamente armazenados em câmara fria ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ), com controle de temperatura, no Laboratório de Análise Animal da FAV, localizado no subsolo do ICC Sul da UnB.

Tabela 2. Relação das cultivares e características das sementes de gergelim procedentes da região Nordeste, safra 2017/2018.

Cultivar	Procedência dos lotes	Coloração do Tegumento	Tamanho
Trebol	Bahia	Branca	Pequeno
BRS Seda	Bahia	Branca	Pequeno

### 4.2 Material genético

#### 4.2.1 Cultivar Trebol

Cultivar originária da região do Mato Grosso, resultado de seleção massal e desenvolvida por produtores do estado de Mato Grosso. Características morfológicas varietais: duração média do ciclo de 90 dias, ramificação em haste única, coloração da semente variante de tons de bege-claro, porte da planta em até 2,0 m de altura, indeiscente e pouca ramificação (QUEIROGA et al., 2008).

Na realização deste trabalho a cultivar Trebol foi representada por cinco lotes:

- **Trebol L1:** gergelim 2<sup>a</sup> época; lote N° 0302/18; safra 2017/18; representatividade: 35,7; sacos de 40 kg; categoria: amostra 06; data de coleta: 14/09/18.
- **Trebol L2:** gergelim 2<sup>a</sup> época; lote N° 0401/18; safra 2017/18; representatividade 11,7; sacos de 40 kg; categoria: amostra 05; data de coleta: 14/09/18.

- **Trebol L3:** gergelim 1ª época; lote N° 0403/18; safra 2017/18; representatividade: 14,6; sacos de 40 kg; categoria: amostra 01; data de coleta: 14/09/18.
- **Trebol L4:** gergelim 1ª época; lote N° 0201/18; safra 2017/18; representatividade: 49; sacos de 40 kg; categoria: amostra 01; data de coleta: 14/09/18.
- **Trebol L5:** gergelim 1ª época dessecado; lote N° 0102/18; safra 2017/18; representatividade: 164; sacos de 40 kg; categoria: amostra 02; data de coleta: 04/09/18.

#### **4.2.2 Cultivar BRS Seda**

BRS Seda é uma cultivar de gergelim desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Algodão localizada em Campina Grande, Paraíba; sendo lançada no ano de 2007 para o mercado de sementes, a cultivar é adaptada às condições climáticas do Semiárido Nordeste e alguns estados do Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso, Distrito Federal) e para São Paulo. O programa de melhoramento da BRS Seda utilizou da técnica de seleção massal aplicada na cultivar FAO 51284 com pressão de seleção para sementes de cor branca (ARRIEL et al., 2009).

As sementes de coloração branca possuem um preço superior de mercado, principalmente para indústrias de alimentos e confeitarias, seu peso médio de mil sementes é de 3,22 g, sendo superior a 3,0 g que é uma característica de qualidade mínima para o comércio internacional (ARRIEL et al., 2009).

As características morfológicas descritas para obtenção do Registro Nacional de Cultivares define a cultivar com porte (altura) mediano; ciclo precoce em torno de 90 dias, o florescimento inicia aos 30 dias de emergência; com hábito de crescimento ramificado e haste de coloração esverdeada; inserção de um fruto por axila; sementes de coloração branca; teor de óleo variando entre 50 e 52%; tolerante à mancha angular, cercosporiose e murcha de *Macrophomina*; com potencial de rendimento médio até 2.500 kg/ha quando em condições ideais de solo, água e manejo cultural (ARRIEL et al., 2009).

O rendimento máximo é obtido em precipitações entre 500 e 650 mm, bem distribuídas: destes 35% deve ser da germinação ao florescimento, 45% durante o florescimento e 20% no início da maturação dos frutos (ARRIEL et al., 2009).

Na realização deste trabalho a cultivar BRS Seda foi representada por quatro lotes:

- **Seda L1:** tem como características: gergelim 1<sup>a</sup> época; lote N° 0201/18; safra 2017/18; representatividade: 64,5; sacos de 40 kg; categoria: amostra 03; data de coleta: 14/09/18.
- **Seda L2:** gergelim 2<sup>a</sup> época; lote N° 0401/18; safra 2017/18; representatividade: 21,5; sacos de 40 kg; categoria: amostra 08; data de coleta: 14/09/18.
- **Seda L3:** gergelim 1<sup>a</sup> época; lote N° 0102/18; safra 2017/18; representatividade 164; sacos de 40 kg; categoria: amostra 04; data de coleta: 14/09/18.
- **Seda L4:** gergelim 2<sup>a</sup> época; lote N° 0302/18; safra 2017/18; representatividade: 15,2; sacos de 40 kg; categoria: amostra 09; data de coleta: 14/09/18.

### **4.3 Avaliação da qualidade fisiológica**

#### **4.3.1 Determinação do teor de água (TA)**

Realizada através do método da estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$  por 24 horas, utilizando-se apenas uma repetição por tratamento. Primeiramente foram identificados e pesados os recipientes de alumínio para obtenção da tara, utilizando balança de precisão analítica (0,001 g) do modelo GEHAKA, para posteriormente disposição uniforme das 25 sementes inteiras de cada lote em seus respectivos recipientes. Dessa forma, realizou-se a segunda pesagem e, assim, obteve-se o peso úmido das amostras. Em seguida, colocou-se os recipientes na estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$  por 24 horas. Decorrido o tempo de secagem na estufa, as amostras foram levadas ao dessecador durante 30 minutos, a fim de que possam ser resfriadas sem haver o ganho de massa de água e, seguidamente, pesadas para obtenção do peso seco. Os resultados foram expressos em porcentagem, em base úmida (BRASIL, 2009).

#### **4.3.2 Teste padrão de germinação (TPG)**

O experimento consistiu no teste de qualidade fisiológica das cultivares Trebol e BRS Seda, com 5 e 4 (lotes) respectivamente, com 4 repetições de 50 sementes. As sementes foram apoiadas em caixas plásticas com 3 folhas de papel germitest, umedecidas com 10 mL (Figura 2 e 3) de solução de Nistatina a 0,2%. As caixas plásticas foram envoltas em papel filme, a fim de manter a umidade durante a avaliação, e armazenadas em câmara germinadora à temperatura de  $(25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2)$  durante o período de 5 dias. A contabilização de germinação padrão foi realizada no 5º dia após montagem do teste. As sementes que emergiram e formaram uma plântula normal, ou seja, raiz e primórdios foliares foram contados como germinadas.

Os resultados obtidos foram convertidos em porcentagem de germinação (BRASIL, 2009).



Figura 2. Materiais utilizados no teste de germinação. Caixa plástica transparente contendo 3 folhas de papel germitest para realização do teste padrão de germinação (Imagens dos autores).

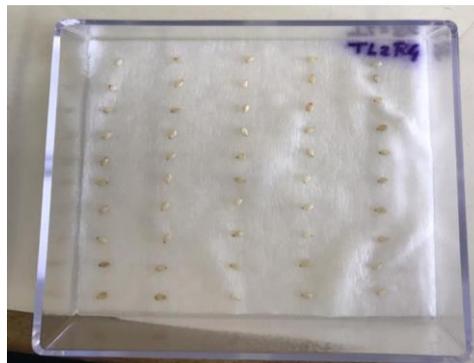


Figura 3. Sementes acondicionadas em caixa plástica transparente contendo papel germitest após o umedecimento com 10 mL de Nistatina 0,2% (Imagens dos autores).

#### 4.3.3 Teste de envelhecimento acelerado (EA)

Teste conduzido em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm), em que, a distribuição das sementes deu-se numa única camada, armazenadas em câmara germinadora reguladas a 41 °C, por diferentes períodos de envelhecimento 24, 48 e 72 horas. No interior de cada caixa foram empregados 40 mL de água destilada, assim, criando minicâmaras, para elevação da umidade próxima à saturação (MARCOS-FILHO, 2015).

Decorrido os diferentes períodos de envelhecimento foram executados os testes de germinação padrão com 4 repetições de 50 sementes por tratamento, seguindo as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **4.3.4 Teste de emergência controlada (EC)**

O teste de emergência controlada (terra + areia) consistiu no uso de substrato solo-areia (relação 1:3), areia 1 foi feita entre areia e na areia 2 sobre areia, onde ambos os substratos formaram uma base de aproximadamente 1 cm acondicionadas em caixa plástica as quais foram dispostas 50 sementes em cada caixa, com 4 repetições para cada lote. A contagem de plântulas normais é realizada no 5º dia, assim como nos testes de germinação padrão e envelhecimento acelerado. As sementes encontram em campo condições diferentes das ideais para sua emergência, como no teste padrão de germinação há um controle de temperatura em 25 °C e a esterilização dos materiais, inibindo microrganismos patogênicos, a semente encontra condições ótimas levando a um estande menor do que o verificado nas análises de qualidade de semente. O uso de solo destacado de áreas de cultivo, para formação do substrato, tem o objetivo de inserir patógenos naturalmente presentes em campo para verificação de vigor potencial dessas sementes, quando em condições adversas (ataque de patógenos) (adaptado de NAKAGAWA, 1999).

#### **4.3.5 Condutividade elétrica (CE)**

Para realização do teste de condutividade elétrica foram realizadas 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento, previamente pesadas e depositadas em copos plásticos, os quais posteriormente foram preenchidos com 75 mL de água destilada. As amostras ficaram submetidas a embebição por um período de 24 horas e armazenadas em câmara germinadora regulada a 25 °C ± 2. A leitura da condutividade elétrica das amostras imersas em solução foram realizadas através do condutímetro, marca GEHAKA do modelo CG200, e os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

#### **4.3.6 Teste de tetrazólio (TZ)**

O teste de tetrazólio foi conduzido com os lotes de qualidade superior (SL3) e o inferior (SL2), tendo o resultado das médias de germinação como parâmetro. A metodologia do teste consiste na embebição das sementes em água por um período

de 1 hora, sendo encobertas por papel umedecido. Decorrido o prazo, foram montados para cada lote duas repetições com 50 sementes e uma repetição de 25 sementes previamente cortadas longitudinalmente, utilizando-se apenas metade da semente. Feito isso, as sementes foram imersas em sal de tetrazólio na concentração de 1%, por período de 3 horas, ocorrendo variações na coloração dos tecidos (FRANÇA-NETO, 1998).

Para as repetições com 50 sementes apenas foram contadas o número de sementes coloridas. E para as repetições com 25 sementes classificou-as em viáveis e não viáveis, baseado em imagens obtidas com auxílio de lupa, levando em consideração a tonalidade avermelhada, descoloração e localização da pigmentação das áreas de crescimento. As observações obtidas neste trabalho foram comparadas e confrontadas com a sugestão indicada do trabalho Jesus et al. (2015).

#### **4.4 Delineamento experimental**

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, tendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e análise de variância (BANZATTO; KRONKA, 2013). Para isso utilizou-se o *software* “AGROESTAT”, desenvolvido pelo Polo Computacional e Departamento de Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal para análise dos dados (BARBOSA; MALDONADO-JÚNIOR, 2015).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Avaliação da qualidade pela germinação, envelhecimento acelerado, emergência controlada e condutividade elétrica**

Os valores encontrados do teor de água inicial e após envelhecimento acelerado (24, 48 e 72 horas) e de germinação, para os nove lotes de sementes das cultivares Trebol e BRS Seda, foram apresentados na Tabela 3. Verificou-se diferença significativa entre os lotes de sementes para a germinação, superiores a diferença mínima significativa de 16,09%. O coeficiente de variação foi baixo, 13,44%.

Os lotes Seda L3, Trebol L5 e Seda L1 apresentaram maiores valores de germinação, os lotes com valores inferiores foram Trebol L1 e L2, Seda L2 e Seda L4, e os lotes Trebol L4 e L3 situaram-se com valores intermediários.

O teor de água inicial variou de 5,04% a 6,99%, resultados similares aos encontrados por (CARVALHO et al., 2001; TORRES et al., 2009; QUEIROGA, 2010; KULCZYNSKI et al., 2014; ROCHA, 2017). O perfil de água inicial das diferentes cultivares permaneceu dentro da faixa ideal, menor ou próximo de 6% (LANGHAM, 2008; NERY et al., 2018), com exceção do lote Trebol L3, umidade adequada para colheita e armazenamento do gergelim, caracterizando-a como ortodoxa (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), ocorrendo variações de umidade inferiores a 2% entre os lotes de sementes das mesmas cultivares, não influenciando o teste de vigor das sementes, fator importante para padronização do teste de germinação e vigor (MARCOS-FILHO, 1999).

A variabilidade de umidade entre os diferentes lotes é fator limitante no teste de envelhecimento acelerado tradicional, a saturação da câmara (100% de umidade) propicia velocidades de absorção de água variável entre as sementes e níveis diferentes de deterioração, intensificação metabólica e molhamento podendo afetar os resultados do teste de germinação padrão após envelhecimento (KRZYZANOWSKI et al., 1999). A variação de umidade das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado apresentaram valores levemente superiores aos estabelecidos por Marcos Filho (1999), em torno de 3% a 4%.

Considerando as normas de qualidade de sementes de gergelim definida pela Instrução Normativa N° 45, de 13 de setembro de 2013, apenas os lotes BRS Seda L3 e Trebol L5, apresentaram porcentagem de germinação próximo ao valor mínimo

de 70% estipulado para sementes não certificadas (classe S) de 1° e 2° geração (BRASIL, 2013). O lote Trebol 5 foi o único conduzido em área dessecada para a colheita, mas sua qualidade fisiológica provavelmente não foi comprometida quando comparada aos outros materiais, tendo o segundo melhor resultado de germinação.

Tabela 3. Valores médios de teor de água inicial e após o teste de envelhecimento acelerado (EA) para os períodos 24 h, 48 h e 72 h e os valores de germinação, pela (TPG), em %, dos genótipos das sementes de gergelim.

GENÓTIPO	TEOR DE ÁGUA (%)				GERMINAÇÃO
	INICIAL	EA/24h	EA/48h	EA/72h	%
TREBOL L1 2 <sup>a</sup> ep.	5,30	12,24	13,73	22,54	42 def
TREBOL L2 2 <sup>a</sup> ep.	5,59	10,63	18,98	19,61	32 f
TREBOL L3 1 <sup>a</sup> ep.	6,99	14,77	13,36	18,14	55 bcd
TREBOL L4 1 <sup>a</sup> ep.	5,13	12,50	17,28	18,53	52 cde
TREBOL L5 1 <sup>a</sup> ep.d.	5,50	13,33	15,23	16,00	69 ab
SEDA L1 1 <sup>a</sup> ep	5,15	12,00	15,46	20,33	59 abc
SEDA L2 2 <sup>a</sup> ep.	5,61	13,48	17,93	18,99	35 f
SEDA L3 1 <sup>a</sup> ep.	5,04	13,40	15,63	14,90	73 a
SEDA L4 2 <sup>a</sup> ep.	5,32	14,60	13,87	17,87	37 ef
Teste F	-	-	-	-	19,44 **
DMS (5%)	-	-	-	-	16,09
CV (%)	-	-	-	-	13,44

<sup>1</sup> Época de colheita:

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Os valores encontrados da germinação após envelhecimento acelerado (24, 48 e 72 horas), condutividade elétrica e emergência controlada (areia 1 e 2, areia + terra), para os nove lotes de sementes das cultivares Trebol e BRS Seda, podem ser verificados na Tabela 4. Observou-se diferença significativa entre os lotes de sementes para todos os testes de qualidade fisiológica. Os coeficientes de variação foram baixos, variando de 6,22% até 17,16%, porém para o teste de emergência controlada (areia + terra) o coeficiente de variação foi alto, 32,50%.

De acordo com a EA para classificação da qualidade dos lotes, observou-se que os lotes Seda L3 e Trebol L5 foram os que apresentaram maior valor de germinação após EA e menor variação com o aumento do tempo de estresse. Por outro lado, Seda L4, Trebol L2 e L3 apresentaram os menores valores e as maiores quedas com o aumento do tempo de estresse. Comparando os resultados do envelhecimento com os da germinação pode-se observar que ambos os testes apresentaram semelhança das separações dos lotes por qualidade (Tabelas 3 e 4).

O aumento do tempo de exposição das sementes ao EA provocou ligeira queda dos valores de germinação para a maioria dos lotes. No trabalho realizado por Rocha (2017), observou-se que o envelhecimento acelerado nos tempos de 72 e 96 horas foram capazes de distinguir os lotes de sementes de gergelim em classes de qualidade fisiológica, compactuando com os testes de germinação e emergência de plantas. Os tempos de EA de 72 horas (ROCHA, 2017; TABATABAEI, 2013), ocorreu redução do índice de germinação para todas as cultivares corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Os lotes dos genótipos Trebol e Seda apresentaram diferenças estatísticas significativas nos resultados de condutividade elétrica (CE). Apesar da diferenciação das cultivares/lotes seus resultados foram muito próximos e altos, além de que não apresentaram uma resposta similar ao que foi obtido pelo EA, indicando que se deve buscar um melhor referenciamento da metodologia da CE conforme indica Vieira e Krzyzanowski (1999).

Segundo Torres et al. (2009) o teste de CE é um método eficiente para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim, e recomenda a combinação de 50 sementes embebidas em 50 mL, a 25 °C, por 8 horas como metodologia padrão, enquanto Kulczynski et al. (2014) recomenda a combinação de 25 sementes imersas em 75 mL de água a temperatura de 25 °C, por 24 horas.

Os resultados de germinação oscilando de 81 a 93% encontrados por Torres et al. (2009), são muito superiores à faixa de 32 a 73% encontrados neste trabalho explicam a alta condutividade elétrica e demonstrando estado de baixo vigor e alta deterioração dos lotes utilizados, pois esses autores encontraram valores de 34,6 a 39,0  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , sendo muito inferiores aos 144,61 a 171,21  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  encontrados.

Neste trabalho os valores de CE encontrados por Kulczynski et al. (2014) foram similarmente mais altos com média de 168,97  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Diferente do resultado de Torres et al. (2009) a categorização dos lotes pela CE divergiu dos verificados para germinação e envelhecimento acelerado.

Nobre (2013), confirmou a hipótese de Torres et al. (2009), de que a redução do período de embebição, do teste de CE, de 24 horas para 2, 4, 6 ou 8 horas, manteve a eficácia de distinção de qualidade fisiológico para lotes de sementes de gergelim, apresentando valores de lixiviação de eletrólitos menor. Esse resultado demonstra a possibilidade de facilitar a realização da metodologia do teste de CE para testes de qualidade de lotes de sementes de gergelim.

Na emergência controlada em substrato de areia 1 apresentou diferenciação de 2 classes de qualidade; o superior com os lotes Trebol L5 e L4, e Seda L1 e L3, enquanto a inferior com os lotes Trebol L1, L2 e L3, e Seda L2 e L4. Já no substrato areia 2 a porcentagem de germinação de todos os lotes foram numericamente superiores comparados aos resultados areia 1, com exceção do lote Seda L4 que foi menor. Na emergência controlada sob Terra + Areia, apresentou valores muito reduzidos indicando a possibilidade de patógenos interferindo na EC (Tabela 4).

São escassos os trabalhos realizados com emergência controlada utilizando substrato areia, apesar de BRASIL (2009) recomendar como método padrão para germinação recebendo a nomenclatura de substrato sobre areia. Os trabalhos na literatura envolvendo emergência em campo para o gergelim são poucos, sendo um método importante como parâmetro para verificar a correlação dos testes de qualidade fisiológica com a emergência em campo (TORRES et al., 2009; KULCZYNSKI et al., 2014).

Tabela 4. Valores médios de vigor pelos testes de envelhecimento acelerado (EA) por 24 horas, 48 horas e 72 horas, e de condutividade elétrica da embebição das sementes (CE) e avaliação da emergência controlada de plântulas (EC) sob condições controladas, em substratos de areia (EC/A1 e EC/A2) e terra+areia (EC/T+A), de sementes de genótipos de gergelim.

GENÓTIPO	EA			CE	EC		
	24 h	48 h	72 h		A1	A2	T+A
	----- % -----			$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$	----- % -----		
TREBOL L1 2ª ep.	47 bc	42 bcd	36 cd	167,02 ab	40 b	58 abc	4 d
TREBOL L2 2ª ep.	42 c	37 cd	29 d	163,75 ab	44 b	53 bc	5 d
TREBOL L3 1ª ep.	39 c	37 cd	29 d	158,90 ab	47 b	56 bc	13 bcd
TREBOL L4 1ª ep.	67 a	58 ab	57 ab	144,61 b	69 a	77 ab	17 ab
TREBOL L5 1ª ep.	73 a	70 a	64 ab	171,21 a	77 a	76 ab	17 ab
SEDA L1 1ª ep.	62 ab	52 bc	50 bc	154,97 ab	65 a	71 ab	15 bc
SEDA L2 2ª ep.	48 bc	40 cd	32 d	168,07 ab	38 b	55 bc	5 d
SEDA L3 1ª ep.	73 a	71 a	72 a	169,45 a	77 a	81 a	26 a
SEDA L4 2ª ep.	44 c	33 d	31 d	176,33 a	42 b	37 c	6 cd
Teste F	13,89**	17,29**	24,52*	3,57 **	25,8 **	7,28 **	14,97 **
DMS (5%)	17,82	16,64	15,94	24,25	15,22	25,47	9,23
CV (%)	13,63	14,41	15,22	6,22	11,61	17,16	32,50

<sup>1</sup> Época de colheita:

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

## 5.2 Avaliação da qualidade fisiológica pelo teste de tetrazólio (TZ)

A categorização da qualidade fisiológica das sementes de gergelim foi definida por Jesus et al. (2015) (Figura 4). Neste trabalho após os testes desenvolvidos no item 5.1, foram selecionados dois lotes, sendo que o lote Seda L3 como o de melhor qualidade fisiológica e o Seda L2 como de menor qualidade. Desta maneira após a condução do teste de tetrazólio separou-se os dois lotes em sementes viáveis e não viáveis, em função das categorias criadas por estes autores

e constatou-se que o TZ conseguiu diferenciar corretamente como os outros testes de vigor os lotes com diferença de qualidade fisiológica (Figura 4).

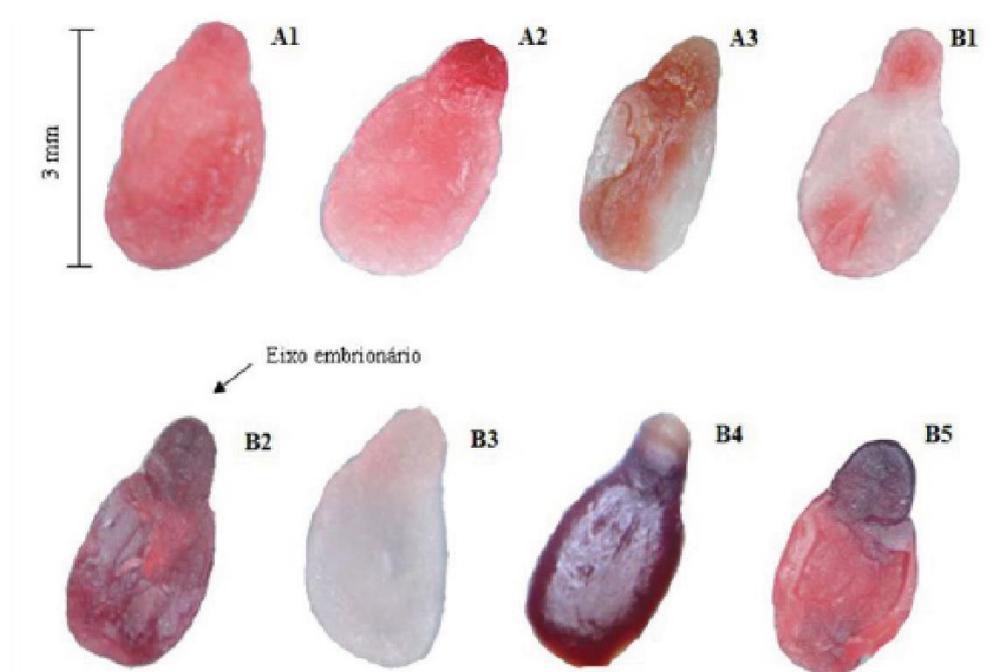


Figura 4. Categorias de sementes encontradas no teste de tetrazólio em cultivares de sementes de gergelim. Categoria A (viáveis), A1 e A2 – sementes com coloração rosa; A3 – sementes com menos de 50% descolorida sem atingir o eixo embrionário. Categoria B (inviáveis), B1 – mais de 50% das sementes descoloridas; B2 – sementes com coloração vermelho carmim; B3 – semente completamente descolorida; B4 – semente com coloração vermelho carmim e região do eixo embrionário descolorida; B5 – região do eixo embrionário na coloração vermelho carmim. Fonte: (JESUS et al. 2015).

Conforme França-Neto et al. (1999), o teste de tetrazólio pode ser aplicado em todas as fases de produção de sementes. Sendo assim, especificamente na fase de colheita o teste de tetrazólio em gergelim apresentou capacidade de diferenciação dos lotes de melhor e pior qualidade fisiológica, convergindo com os resultados obtidos pelo teste de germinação deste trabalho (Tabela 5).

Várias pesquisas vem trabalhando com a adaptação da metodologia do teste de tetrazólio já consagrado para a soja (FRANÇA-NETO et al., 1998) para avaliação da qualidade fisiológica de diversas culturas como cevada (GRZYBOWSKI, 2012), gergelim (JESUS et al., 2015), girassol (NOBRE et al., 2014), melancia (BHERING et al., 2005), diferindo do método padrão, na qual, as sementes são diminutas havendo a necessidade de corte longitudinal e retirada do tegumento anterior a imersão no sal de tetrazólio.

Os métodos estabelecidos para cevada (GRZYBOWSKI, 2012), gergelim (JESUS et al., 2015), girassol (NOBRE et al., 2014) e melancia (BHERING et al., 2005), apresentaram resultados satisfatórios, além de convergirem com os resultados de vigor e germinação quanto a diferenciação dos lotes em classes de qualidade fisiológica. No trabalho de BHERING et al. 2005 o tetrazólio apresentou alta correlação (superior a 0,89) com os testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em campo.

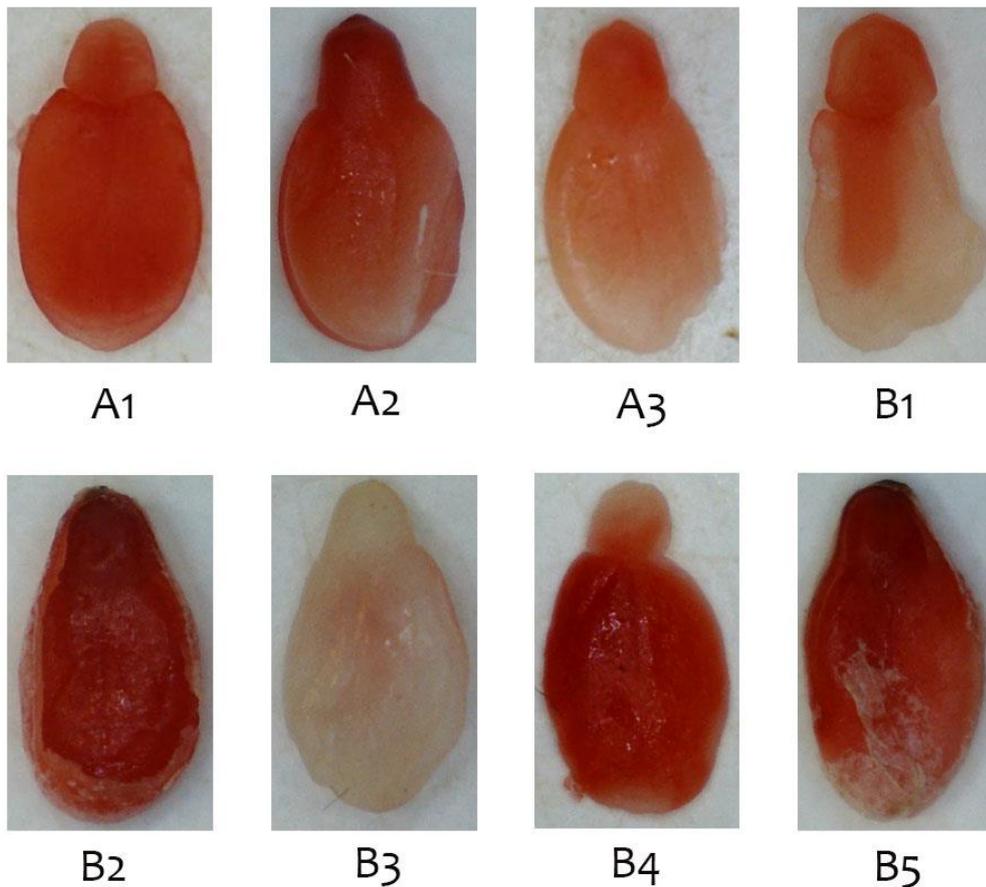


Figura 5. Fotos A1, A2, A3, B1, B2, B3, B4 e B5 referem-se à relação das cultivares (Seda) com as respectivas categorias de qualidade fisiológica definida por Jesus et al. (2015). A1. Semente viável – característica: semente de coloração rósea. Semente do lote SL2. A2. Semente viável – característica: semente de coloração rósea. Semente do lote SL3. A3. Sementes com menos de 50% descolorida sem atingir o eixo embrionário. Categoria B (inviáveis). Semente do lote SL3. B1. Mais de 50% das sementes descoloridas. Semente do lote SL2. B2. Sementes com coloração vermelho carmim. Semente do lote SL2. B3. Semente completamente descolorida. Semente do lote SL3. B4. Semente com coloração vermelho carmim e região do eixo embrionário descolorida. Semente do lote SL2. B5. Região do eixo embrionário na coloração vermelho carmim. Semente do lote SL2 (Imagens dos autores).

Através dos resultados de viabilidade das sementes dos lotes Seda L2 e L3 encontradas pelo teste de tetrazólio foi possível estabelecer diferença de qualidade fisiológica entre os lotes, apresentando valores similares aos obtidos pelo teste de germinação (G) (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação dos valores obtidos dos lotes Seda pela germinação (TPG) e tetrazólio (TZ).

CULTIVAR/LOTE	GERMINAÇÃO (G)	TETRAZÓLIO (TZ)	
		VIÁVEL	NÃO VIÁVEL
SEDA L2 (baixa qualidade)	35%	48%	52%
SEDA L3 (alta qualidade)	73%	82%	18%

## **6. CONCLUSÕES**

Com base na interpretação dos resultados pode se concluir que:

1. Existe diferença na qualidade fisiológica (germinação e vigor) dos lotes das cultivares Trebol e BRS Seda;
2. A cultivar Trebol Lote 5 foi a única com sementes oriundas de área dessecada para a colheita e sua qualidade fisiológica não foi comprometida em relação às outras áreas com os diferentes materiais avaliados;
3. A partir dos testes utilizados verificou-se que a germinação pelo teste padrão de germinação, o envelhecimento acelerado e a emergência controlada em areia mostraram resultados semelhantes;
4. O teste de condutividade elétrica deve ser aprimorado para avaliação de vigor em sementes de gergelim.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANILAKUMAR, K.R. et al. Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds: an overview. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v.75, n.4, p.159-168, 2010. Disponível em: <<https://hrcak.srce.hr/66001>>. Acesso em: 30 Mai. 2019.

ARRIEL, N.H.C. et al. Folder: **Gergelim BRS Seda**. 3 ed, 2007. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/20121/1/Folder\\_ars\\_seda.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/20121/1/Folder_ars_seda.pdf)>. Acesso em: 30 Mai. 2019

ARRIEL, N.H.C. et al. **Gergelim: coleção 500 perguntas 500 respostas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 209p.

BAILLY, C. et al. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. **Physiologia Plantarum**, v.104, n.4, p.646-652, 1998.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 237 p.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO-JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica R AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2015. 396p.

BEDIGIAN, D. Evolution of sesame revisited: domestication, diversity and prospects. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.50, p.779-787, 2003.

BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, E.C.; LIMA, E.F. **Gergelim cultura no trópico Semi-árido nordestino**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 52p. (Circular Técnica, 18).

BELTRÃO, N.E.M; VIEIRA, D.J. **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2001. 348p.

BHERING, M.C. et al. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de melancia. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.176–182, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. RAS. **Regras para Análise de Sementes**. 2009. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivospublicacoesinsumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivospublicacoesinsumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)>. Acesso em: 20 Mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 45: padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes de gergelim**. Brasília: MAPA. 2013. 22p. (17 de setembro de 2013).

BRASIL. Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento. **Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de gergelim (*Sesamum indicum* L.)**. 2015.

CARVALHO, P. G. B. de et al. Temperature-Dependent Germination and Endo-B B - Mannanase Activity in Sesame Seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n.2, p.139-148, 2001.

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

DOSSA, K. et al. The Emerging Oilseed Crop *Sesamum indicum* Enters the “Omics” Era. **Frontiers in Plant Science**, v.8, 2017. 16p.

FAO. FAOSTAT. **Sesame seed**. 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 20 Mar. 2019.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1998. 72p.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio e sementes de soja. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap 8.5-11 a 8.5-28.

GRZYBOWSKI, C.R. de S. et al. Viability of barley seeds by the tetrazolium test. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p.47–54, 2012.

IPGRI; NBPGR. **Descriptors for Sesame (*Sesamum spp.*)**. International Plant Genetic Resources Institute, Rome: and National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi. 2004.

JESUS, L.L. et al. Teste de tetrazólio para sementes de *Sesamum indicum* (Test of tetrazolium for *Sesamum indicum* seeds). **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.422–428, 2015.

KE, T. et al. **Analysis of expression sequence tags from a full-length-enriched cDNA library of developing sesame seeds (*Sesamum indicum*)**. BMC Plant Biology, v.11, n.1, p.180, 2011. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/180>>.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill Co., 642p. 1960.

KULCZYNSKI, S.M. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Agrarian**, v.7, n.23, p.72-81, 2014.

LANGHAM, D.R. et al. Sesame grower guide. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, n.March, p.32 p, 2008.

LIU, H. et al. Development, inheritance and breeding potential of a recessive genic male sterile line D248A in Sesame (*Sesamum indicum* L.). **SpringerPlus**, v.2, n.1, p.1–7, 2013.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes**: de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MAZZANI, B. Pedaliáceas oleaginosas. In: MAZZANI, B. **Cultivo e melhoramento de plantas oleaginosas**. Caracas: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. p.169-226.

MEDEIROS, D.S. de et al. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.5, p.3069-3076, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap 2-1 a 2-24.

NERY, M.C. et al. Accelerated ageing test and behaviour investigation of isoenzymes in sesame seeds. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.40, e39449, 2018.

NOBRE, D.A.C. et al. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.4, p.609–616, 2013.

NOBRE, D.A.C. et al. Vigor e viabilidade em aquênios de girassol determinados pelo teste de tetrazólio. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.19, n.2, p.89–93, 2014.

QUEIROGA, V. de P.; SILVA, O.R.R.F da. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 142p. (Documentos, 203).

QUEIROGA, V. de P. et al. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.4, n.1, p.27-33, 2010.

QUEIROGA, V. D. P. et al. Qualidade de sementes de gergelim produzidas em três localidades no Semiárido. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 2, p. 9–14, 2014.

PNPB. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. 2011. Disponível em:<[http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user\\_arquivos\\_64/Biodiesel\\_Book\\_final\\_Low\\_Completo.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf)> Acesso em: 30 Mai. 2019.

ROCHA, A. de S. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de Gergelim após o teste de envelhecimento acelerado**. Diamantina, 2017. 41p.

TABATABAEI, S.A. The Effect of Priming on Germination and Enzyme Activity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds After Accelerated Aging. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v.9, n.4, p.132–138, 2013.

TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.36, n.1, p.98-104, 2005.

TORRES, S.B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.70–77, 2009.

VAVILOV, N.I. **Origin and geography of cultivated plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

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

WANG, L. et al. Genome sequencing of the high oil crop sesame. **Genome Biol.** 15:R39. doi: 10.1186/gb2014-15-2-r39. 2014.

WANG, L. et al. Tolerant and susceptible sesame genotypes reveal waterlogging stress response patterns. **PLoS ONE**, v.11, n.3, p.1-18, 2016.

WEI, W. et al. Characterization of the sesame (*Sesamum indicum* L.) global transcriptome using Illumina paired-end sequencing and development of EST-SSR markers. **BMC Genomics**, v.12, n.1, p.451, 2011. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/12/451>>. Acesso em: 30 Mai. 2019.

WEI, X. et al. Genetic discovery for oil production and quality in sesame. **Nature**, v.6. May, p.1–10, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms9609>>. Acesso em: 30 Mai. 2019.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. Tropical Agriculture Series, John Wiley & Sons Incorporated. 1983. 680p.

ZHANG, Y. et al. Genetic diversity assessment of sesame core collection in China by phenotype and molecular markers and extraction of a mini-core collection. **BMC Genetics**, v.13, n.14, p.1, 2012. Disponível em: <BMC Genetics>. Acesso em: 30 Mai. 2019.

ZHANG, H. et al. Identification of a SiCL1 gene controlling leaf curling and capsule indehiscence in sesame via cross-population association mapping and genomic variants screening. **BMC Plant Biology**, v.18, n.1, p.1-13, 2018.