



ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) ARMAZENAMENTO, ESTRESSE HÍDRICO E SALINO.

Caroline Marques Rodrigues

Garanhuns-PE, Julho 2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) ARMAZENAMENTO, ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Agrícola.

Caroline Marques Rodrigues

Orientadora: Edilma Pereira
Gonçalves

Co-orientadora: Keila Aparecida
Moreira

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) ARMAZENAMENTO, ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

R696a Rodrigues, Caroline Marques
Alterações fisiológicas em sementes de gergelim
(*Sesamum Indicum* L.) armazenamento, estresse hídrico
e salino / Caroline Marques Rodrigues. - 2019.
100 f. : il.

Orientador: Edilma Pereira Gonçalves.

Coorientador: Keila Aparecida Moreira.

Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós - Graduação em Produção Agrícola, Garanhuns,
BR - PE, 2019.

Inclui referências.

1. Gergelim 2. Sementes oleaginosas 3. Sementes –
Fisiologia 4. Sementes - Armazenamento 5. Produção
Agrícola I. Gonçalves, Edilma Pereira, orient. II. Moreira,
Keila Aparecida, coorient. III. Título

CDD 633.85

CAROLINE MARQUES RODRIGUES

Data da defesa: 30/julho/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Professora Dra. Edilma Pereira Gonçalves- Orientadora
Unidade Acadêmica de Garanhuns - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Professora Dra. Juliana Joice Pereira Lima
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dra. Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira- Bolsista Pós Doutora
Unidade Acadêmica de Garanhuns - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Aqueles que sempre estiveram ao meu lado, meus pais **Antônio Manoel e Maria Cristina**, meu irmão **Antonio Augusto Marques**, minha irmã **Christiane Marques** e ao meu sobrinho **Arthur Marques**.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me dá forças para seguir, o teu amor cobre minhas fraquezas.

Aos meus pais (Antonio e Cristina), pelo exemplo de ser humano, e como se dedicaram a minha educação.

Aos meus irmãos (Antonio Augusto e Christiane), por sempre me apoiarem e cuidarem de mim.

A Arthur e Thiago, (os bebês de titia).

À minha tia Luciana, pelo incentivo, fonte de inspiração e que sempre esteve ao meu lado, e à minha Tia Lela (*in memoriam*).

Aos meus avós maternos, Augusto e Elza (*in memoriam*), e avós paternos, Antônio (*in memoriam*) e Zezé.

Ao meu noivo Antonio Fernando Silva, por todo amor, carinho, dedicação e principalmente apoio nas horas que mais precisei.

Ao meu primo Ailson e meu amigo José Ronaldo (Duka) por todo apoio.

À minha orientadora, Edilma pela confiança em mim depositada para realização desse trabalho, e por toda amizade, apoio, conselhos, durante esses dois anos de caminhada.

Aos professores do Programa de Produção Agrícola em especial professor Jeandson e Macio Moura.

A comissão examinadora pelas contribuições no trabalho.

A equipe do laboratório de Análises de Sementes (João, Neide, Natália) e Produção vegetal, que se tornaram minha família durante esses dois anos e ao meu amigo Júlio César que foi essencial na execução deste trabalho pelo companheirismo e participação em todo meu experimento.

Á minha amiga Klenna Lívia que foi meu porto seguro nesses dois anos, e nunca me deixou na mão, em nenhum momento, minha eterna gratidão.

As minhas amigas de todas as horas Dani, Katia, Robevania, Vitória que nunca desistiram de acreditar em mim.

Aos meus amigos do mestrado Euzanyr, Jeferson, Diego, Ítalo, Michely, Thayná Janisson, por todo o convívio.

As amigades que construí em Garanhuns, Édila, Lylian, Diva, lembrarei de vocês sempre com muito carinho.

Aos meus amigos Leandro e Lidiana que foram as primeiras pessoas que me acolheram quando cheguei, nunca vou esquecer o que fizeram por mim.

A Débora Tereza e seu esposo Freds Fernando por toda amizade.

Ao Laboratório de Biotecnologia e principalmente professora Keila Moreira que não mediu esforços para me ajudar nas análises.

A professora Edna Ursulino que foi uma pessoa muito importante para o meu crescimento profissional, junto com toda sua equipe do Laboratório de Análise de Sementes (UFPB) a quem tenho um imenso carinho.

A turma de Agronomia 2017.1 em especial meus amigos mais próximos (Geizy, João Paulo, Beatriz, Manoel Ricardo, Saulo, Marcos, José Luiz, Renata).

Ao Programa de Produção Agrícola e ao Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

A EMBRAPA Algodão em especial ao pesquisador Marenilson Batista pela doação das sementes para a realização da pesquisa.

A minha equipe de natação, onde afogava as mágoas, conseguindo superar meus maiores medos, minha eterna gratidão!

“Hoje, neste tempo que é seu, o futuro está sendo plantado. As escolhas que você procura, os amigos que você cultiva, as leituras que você faz, os valores que você abraça, os amores que você ama, tudo será determinante para a colheita futura.”

Pe. Fábio de Melo

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) ARMAZENAMENTO, ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

Resumo Geral

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma oleaginosa muito cultivada em condições de sequeiro e representa para os produtores do Nordeste Brasileiro uma alternativa de renda, em virtude de possuir tolerância as condições edafoclimáticas da região. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes e no laboratório de Biotecnologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG,) com o objetivo de verificar alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de gergelim, cultivar Anahí, armazenadas e submetidas ao estresse hídrico e salino. Foram realizados três experimentos; no primeiro, as sementes foram acondicionadas em três embalagens (pano, papel e lata) e armazenadas em três ambientes (laboratório, freezer e geladeira) durante 12 meses. Antes e após cada período de armazenamento, avaliou-se as características fisiológicas e bioquímicas: determinação do teor de umidade, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca total das plântulas, atividades das enzimas Catalase (CAT), Ascorbato Peroxidase (APX) e Superóxido Dismutase (SOD). No segundo experimento, avaliou-se o efeito do estresse hídrico utilizando soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) com os potenciais osmóticos de 0,0 (controle); -0,2; -0,4; e -0,6 MPa. No terceiro experimento foi avaliado o efeito do estresse salino utilizando o cloreto de sódio (NaCl), em cinco níveis de salinidade: 0,0 (controle); -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 Mpa. Para avaliação dos estresses hídricos e salinos foram computados a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca total de plântulas e as análises bioquímica (clorofilas, carotenoide, açúcares solúveis totais). O armazenamento das sementes de gergelim, cultivar Anahí, pode ser realizado em ambientes de geladeira e/ou freezer e acondicionadas em embalagem de lata por doze meses para manutenção da qualidade fisiológica das sementes. As atividades das enzimas CAT, APX E SOD podem ser utilizadas como ferramentas para indicar a deterioração de sementes de gergelim armazenadas. As sementes de gergelim reduzem drasticamente sua qualidade fisiológica e os pigmentos fotossintéticos das plântulas em potenciais hídricos simulado com PEG 6000 a partir de -0,4 MPa. A germinação, vigor, os teores de clorofilas, carotenoides, açúcares solúveis totais reduzem acentuadamente a partir do potencial -0,3MPa simulado com NaCl.

Palavras chave : Enzimas, Pigmentos fotossintéticos, Polietilenoglicol

ABSTRACT

The sesame (*Sesamum indicum L.*) is an oilseed very cultivated under rainfed conditions and represents for the producers of the Brazilian Northeast an income alternative, due to its tolerance to the edaphoclimatic conditions of the region. The research was carried out at the Seed Analysis Laboratory and at the Biotechnology Laboratory, both, from the Federal Rural University of Pernambuco / Garanhuns Academic Unit (UFRPE / UAG) in order to verify physiological and biochemical changes in sesame seeds, cultivar Anahí, stored and also subjected to water and saline stress. Three experiments were performed; In the first, the seeds were placed in three packages (cloth, paper and tin) and stored in three environments (laboratory, freezer and refrigerator) for 12 months. Before and after each storage period, the physiological and biochemical characteristics were evaluated: determination of moisture content, germination, germination speed index, length and total dry mass of seedlings, catalase (CAT) enzyme activities, ascorbate peroxidase (APX) and superoxide dismutase (SOD). In the second experiment, he evaluated the effect of water stress using polyethylene glycol (PEG 6000) solutions with osmotic potentials of 0.0 (control); -0.2; -0.4; and -0.6 MPa. In the third experiment, the effect of saline stress using sodium chloride (NaCl) was evaluated at five levels of salinity: 0.0 (control); -0.1; -0.2; -0.3; -0.4 Mpa. To evaluate water and saline stresses, germination percentage, germination speed index, total length and dry mass of seedlings and biochemical analyzes (chlorophylls, carotenoid, total soluble sugars) were computed. The storage of sesame seeds, cultivar Anahí, can be carried out in refrigerator and freezer environments, packed in a tin box for twelve months to maintain the physiological quality of the seeds. The activities of the enzymes Catalase, Ascorbate peroxidase and superoxide dismutase can be used as tools to indicate the deterioration of stored sesame seeds. Sesame seeds drastically reduce the physiological quality of their seeds and photosynthetic pigments in water potential simulated with polyethylene glycol from -0.4 MPa. Germination, vigor, chlorophyll, carotenoids, total soluble sugars contents decrease markedly from the -0.3MPa potential simulated with NaCl.

Keywords: Enzymes, Photosynthetic Pigments, Polyethylene glycol

LISTA DE ABREVIATURAS

IVG- ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

CAT- CATALASE

APX- ASCORBATO PEROXIDASE

SOD- SUPEROXIDO DISMUTASE

H₂O₂- PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

EROs- ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO

%G- PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO

NBT- NITROAZUL TETRAZÓLIO

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM SEMENTES DE GERGELIM ARMAZENADAS

Figura 1. Dados de temperatura (oC) e umidade relativa do ar (%) entre os meses de maio a dezembro de 2018 até fevereiro de 2019. Garanhuns-PE.	33
Figura 2. Teor de água de sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B) e Freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.	35
Figura 3. Índice de velocidade de germinação das sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B), freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.....	39
Figura 4. Porcentagem de germinação de sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de Geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.....	42
Figura 5. Comprimento total de plântulas de Gergelim oriundas de sementes de <i>S. indicum</i> submetidas aos períodos de armazenamento. Garanhuns - PE, 2019.....	45
Figura 6. Massa seca total de plântulas de Gergelim <i>S.indicum</i> oriundas de sementes submetidas aos períodos de armazenamento. Garanhuns - PE, 2019.	46
Figura 7. Atividade de Catalase em sementes de gergelim <i>S.indicum</i> armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.	48
Figura 8. Atividade de Ascorbato peroxidase (APX), em sementes de gergelim <i>S. indicum</i> armazenadas em geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.	50
Figura 9. Atividade de Superóxido Superóxido Dismutase (SOD) , em sementes de gergelim <i>S. indicum</i> armazenadas em geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.	53

CAPÍTULO 2. ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM PLÂNTULAS DE GERGELIM SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO

Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de Gergelim da cultivar Anahí submetida ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.....	62
Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de Gergelim da cultivar Anahí submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.....	63
Figura 3. Comprimento total de plântulas de Gergelim da cultivar Anahí oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.....	64
Figura 4. Massa seca total de plântulas de Gergelim da cultivar Anahí oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.....	65
Figura 5. Valores médios dos teores de açúcares solúveis totais em plantas de gergelim submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.....	66
Figura 6. Teor de clorofila a (A), teor clorofila b (B), teor de clorofila a/b (C), teor de clorofila total (D) e carotenoides (E) de plântulas de Gergelim submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns Pe, 2019.....	68

CAPÍTULO 3. ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE GERGELIM E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.....	76
Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.....	77
Figura 3. Comprimento total de plântulas de Gergelim oriundas de sementes submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.....	78
Figura 4. Massa seca total de plântulas de Gergelim oriundas de sementes submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.....	79
Figura 5. Teor de clorofila a (A), teor clorofila b (B), teor de clorofila a/b (C), teor de clorofila total (D) e carotenoides (E), Açúcares solúveis totais (F) de plântulas de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns Pe , 2019.....	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM SEMENTES DE GERGELIM ARMAZENADAS

Tabela 1. Valores médios de teor de água em sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de Geladeira, Laboratório e Freezer em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.....	37
Tabela 2. Índice de velocidade de germinação das sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de geladeira, laboratório, freezer em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.....	40
Tabela 3. Porcentagem de germinação das sementes de <i>S. indicum</i> armazenadas em ambiente de geladeira, laboratório e freezer em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.....	43

Sumário

1. Introdução Geral	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 A cultura do Gergelim	19
2.2 Armazenamento	20
2.3 Estresse Hídrico e Salino	22
2.4 Enzimas do Estresse Oxidativo	23
CAPÍTULO 1	25
MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM SEMENTES DE GERGELIM ARMAZENADAS	25
RESUMO	25
1. Introdução	27
2. Material e Métodos	29
2.1 Local do Experimento	29
2.2 Tratamento	29
2.3 Parâmetros Fisiológicos	29
2.3.2 Teste de germinação	30
2.3.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)	30
2.3.4 Comprimento total de plântulas	30
2.3.5 Massa seca total de plântulas	31
2.4 Enzimas do estresse oxidativo	31
2.4.2 Atividade Total da Ascorbato Peroxidase (APX)	31
2.4.3 Atividade da superóxido dismutase – SOD	32
2.4.4Quantificação da Proteína	32
2.5 Delineamento experimental e análise estatística	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4. CONCLUSÃO.....	54
CAPÍTULO 2	55
ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM PLÂNTULAS DE GERGELIM SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO	55
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E MÉTODOS	58
1. Local do Experimento	58
1.1 Teor de água	59
2. Estresse hídrico	59
2.1 Teste de Germinação	59

2.2Índice de velocidade de germinação (IVG).....	59
2.3Comprimento total de plântulas	60
2.4Massa seca total das plântulas	60
3.Quantificação de Pigmentos fotossintéticos	60
4.Açúcares Solúveis totais	60
5. Delineamento experimental e análise estatística.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
CONCLUSÃO	69
CAPÍTULO 3.....	70
ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE GERGELIM E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS	70
Introdução.....	72
Material e Métodos	73
1.Estresse Salino.....	73
2.1 Teor de água	73
2.2Teste de Germinação	74
2.3Índice de velocidade de germinação (IVG).....	74
2.4Comprimento total de plântulas	74
2.5Massa seca total das plântulas	74
3.Quantificação de Pigmentos fotossintéticos	75
5.Delineamento experimental e análises estatística	75
Resultados e Discussão	75
CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. Introdução Geral

A família Pedaliaceae possui cerca de 36 espécies, sendo em sua maioria plantas silvestres (ANTONIASSI et al., 2013), entretanto uma planta em particular, o gergelim (*Sesamum indicum L.*) é a oleaginosa mais antiga cultivada pelo homem. É caracterizada como uma planta de clima tropical e subtropical, possuindo um alto teor de ácido graxos insaturados, destacando-se como uma importante cultura oleaginosa da América Central, África Tropical e Ásia Oriental. (ACHOURI ET AL., 2012).

A qualidade da semente é um dos principais responsáveis pelo sucesso das culturas no campo e contribui significativamente para que níveis de alta produtividade sejam alcançados, sendo necessários diversos cuidados, especialmente para preservar sua capacidade de germinação e vigor.

De acordo com Zonta et al. (2014) o armazenamento é muito importante, visto que ajuda a retardar e amenizar os efeitos da deterioração das sementes. O armazenamento realizado de forma ideal garante uma melhor qualidade e viabilidade das sementes por um maior período de tempo (SINGH et al., 2015)

Os estresses abióticos têm se destacado como outro fator que afeta a produtividade das culturas, sendo um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores de grãos, nas diversas regiões do Brasil, os testes de resistência ao estresse mostram o comportamento da semente quando submetidas a ambientes desfavoráveis (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; MARCOS FILHO, 2005). Dessa forma, surge a necessidade de avaliar os estresses, visto que, podem limitar o crescimento e a produtividade agrícola.

O gergelim é considerado moderadamente tolerante ao estresse salino, mas apresentam seu rendimento severamente limitado nas regiões semi-áridas / áridas (DONGHUA LI et al., 2018). Nos trabalhos realizados por Rhoades, Kandiah, Mashali (2000) e Suassuna, (2013) constataram que a cultura do gergelim é bastante sensível a salinidade, já em outros estudos conduzidos por Abbasdokht et AL. (2012), Bahrami e Razmjoo (2012) foi destacado que o gergelim é moderadamente tolerante ao estresse salino.

Assim como o estresse salino, o estresse hídrico afeta de forma negativa a produção da maioria das espécies vegetais devido as irregularidades pluviiais (AB'SÁBER, 1999). Silva et al. (2016) trabalhando com a espécie de gergelim afirmaram

que a cultura é extremamente sensível quando submetida ao estresse hídrico e os elevados potenciais afetam seu vigor e germinação.

As plantas possuem sistemas enzimáticos antioxidantes que constituem uma importante defesa primária contra os radicais livres que acontecem quando estão em condições de estresse, como a superóxido dismutase (SOD) a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX), mais esta defesa pode ser perdida se o estresse for muito severo, porque dessa forma aumenta a produção de radicais livres ocasionando a degradação de membranas e morte celular (GREGGAINS et al., 2000).

Diante do exposto, o objetivo geral da pesquisa foi avaliar as alterações na qualidade fisiológica e bioquímica das sementes de Gergelim (*Sesamum indicum* L.) cultivar BRS Anahí armazenadas e também submetidas ao estresse hídrico e salino.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cultura do Gergelim

O gergelim *Sesamum indicum* L, pertencente ao gênero *Sesamum*, família Pedaliaceae, é cultivado atualmente em mais de 11 milhões de hectares com um rendimento médio de 300-600. kg ha⁻¹. Suas sementes são bastante utilizadas na indústria de alimentos como produção de óleo, cozinha, panificação e nas indústrias farmacêuticas (FAO, 2019). É considerado a oleaginosa mais antiga do mundo, chegando ao Brasil em meados do século XVI (ANTONIASSI et al., 2013).

Seu cultivo foi originado das populações nativas do sul da Ásia durante a civilização Harappan, espalhando-se por todo o oeste da Mesopotâmia antes de 2000 a.C, sendo cultivado pela primeira vez na África e depois em data precoce levado para a Índia (ISLAM et al., 2016). A cultura representa para os pequenos e grandes produtores do nordeste brasileiro uma alternativa de renda, em virtude de possuir tolerância as condições edafoclimáticas da região e pela facilidade de produção (SILVA et al., 2016).

De acordo com Beltrão et al. (2001) uma das principais características morfológica é sua heterogeneidade, número de flores e frutos por axila foliar e o tamanho de suas sementes. A espécie possui flores alvas, róseas ou vermelhas, hermafroditas, dispostas nas axilas das folhas cujo fruto é uma cápsula oblonga, pubescente, suas sementes são

oleaginosas, pequenas, podendo ser brancas ou pretas, em formato arredondado ou comprimido (FRANCIS, 2013).

O gergelim é uma planta anual, autógama, medindo entre 0,6 a 1,3 m de altura, possui caule ereto, com demanda hídrica entre 500-650 mm por ano, sendo tolerante a seca durante a sua fase vegetativa (BOUREIMA et al., 2011). De acordo com Araújo et al. (2014) o cultivo do gergelim sempre teve grande importância para os pequenos agricultores, onde não era possível o cultivo de outras espécies em virtude de altas temperaturas e deficiência hídrica.

A espécie quando submetida a temperaturas muito baixas, em torno de 10 e 20 °C ou temperaturas muito elevadas chegando a 40° C, pode ocasionar atraso na germinação e conseqüentemente prejudicando o desenvolvimento da planta, o que pode causar abortamento de flores e não enchimento dos grãos (ARRIEL et al., 2006); as temperaturas consideradas ideais para o seu desenvolvimento estão entre 25 e 30 °C (EMBRAPA, 2009).

A cultivar BRS Anahí possui um porte mediano com ciclo de 90 dias, o seu hábito de crescimento é não ramificado, com floração em torno de 39 dias, suas sementes são esbranquiçadas e possui 52% de teor de óleo aproximadamente, quando se encontram nas condições adequadas de solo e água apresenta expectativa de produtividade em torno de 1.6000 kg/ ha de sementes. (EMBRAPA, 2015)

2.2 Armazenamento

O desenvolvimento da produção agrícola está diretamente ligado a sementes de boa qualidade, ou seja, a manutenção de sua viabilidade depende inteiramente de um ótimo armazenamento, retardando assim, o seu processo de deterioração, fazendo com que a maioria dos produtores busquem técnicas que amenizem essa deterioração. (ALMEIDA et al., 2010).

O armazenamento de forma inadequada principalmente em sementes oleaginosas, quando se deterioram pode ocasionar o aumento da acidez, onde formam os ácidos graxos e a decomposição dos glicerídeos (MARCOS FILHO, 2005). Quando realizado de forma irregular, o armazenamento pode causar perda de cor nas sementes, morfo, além de afetar seu vigor e diminuição nas reservas nutritivas das sementes. (FIGUEREDO, 2006).

As sementes possuem capacidade de sobrevivência e conseguem manter sua viabilidade durante um certo tempo, desde que haja condições favoráveis para as mesmas, ou seja, clima e local adequado. Por serem seres vivos não preservam suas funções vitais indefinidamente, desse modo, ocorre a deterioração causada por diversas características, como alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, que muitas vezes devido as condições do ambiente e até das próprias práticas de manejo (MARCOS FILHO, 2005).

De acordo com José et al. (2010) os sintomas fisiológicos causados pela deterioração já são evidentes durante a germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas. Nesse contexto umas das práticas fundamentais para manter a qualidade fisiológica da semente é o armazenamento que mantêm o vigor e sua viabilidade, da colheita a semeadura (AZEVEDO et al., 2003). Até o início do século XX a longevidade das sementes não era uma característica que se levava em consideração, mais teve início quando a vulnerabilidade dos recursos genéticos e a importância e necessidade de conservá-las para o futuro (NAGEL e BORNER, 2010).

As sementes de gergelim por serem oleaginosas são mais sensíveis a deterioração devido a menor estabilidade química dos lipídios (ZONTA et al., 2014) e os fatores importantes para preservar a qualidade fisiológica são a temperatura e a umidade porque tem influência direta na velocidade respiratória das sementes (MELO, 2009).

A viabilidade das sementes de acordo com Vilela e Peres (2004) pode ser afetada pelas embalagens que são armazenadas, as quais, podem ser classificadas de acordo com a permeabilidade ao vapor d'água em permeáveis (papel, algodão, juta e polipropileno trançado), impermeáveis (sacos de polietileno espesso, de média e alta densidades, envelopes de alumínio e embalagens metálicas) e semipermeáveis (papel aluminizado, plastificado e com película de asfalto).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) a escolha da embalagem que serão armazenadas as sementes, depende do ambiente, de como se comportam durante o armazenamento, sua forma de comercialização e características mecânicas das embalagens.

Oliveira et al. (2009) trabalhando com cultivar de gergelim CNPA G3 constataram que até nove meses de armazenamento não ocorreu alteração em sua qualidade fisiológica

em condições ambientais de Campina Grande-PB e em câmara fria e o melhor tipo de embalagem foi a lata metálica em ambiente de laboratório. Lima et al. (2014) verificaram que as sementes de gergelim da cultivar BRS Seda permanecem viáveis por até 12 meses quando armazenadas em ambiente seco e frio, em qualquer tipo de embalagem.

2.3 Estresse Hídrico e Salino

A maior parte das áreas que se tornam improdutivas para a agricultura, são consequências de altos acúmulos de sais que se tornam prejudiciais para o crescimento e desenvolvimento da plântula (TAIZ; ZEIGER, 2017). Essa salinidade do solo quando afeta a planta resulta em estresse osmótico, toxicidade dos íons de sódio e cloreto e danos oxidativos (MUNNS, 2008; MUNNS; GILLIHAM, 2015; VOLKOV; BEILBY, 2017).

Diversos pesquisadores vêm estudando a vários de anos o mecanismo molecular de plantas quando submetidas a diferentes estresses, porém chegaram à conclusão que as respostas a adaptação dessas plantas são muito complexas (MUNNS, 2008; ZHU, 2016; VOLKOV; BEILBY, 2017).

Harfi et al. (2015) verificando efeitos do estresse salino e hídrico no crescimento das plântulas de gergelim (*Sesamum indicum* L.) observaram que o estresse hídrico causou um efeito inibitório mais que o estresse salino, no crescimento inicial das plântulas. De acordo com Soares et al. (2015) avaliando estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos, observaram uma redução no vigor e germinação das sementes quando submetidas a esses estresses.

A planta pode sofrer diversos estresses abióticos, quando se trata de estresse hídrico, pode sofrer diferentes injúrias, tanto por excesso de água como também pela falta (ANGELOCCI, 2002). O nível de tolerância ao déficit hídrico depende de diversos fatores, como por exemplo a duração, quais as fases fenológicas de determinada cultura, a capacidade e também resistência da planta (KABIRI et al., 2012).

Avaliando a germinação e parâmetros bioquímicos de sementes de gergelim submetidas ao estresse hídrico, Andrade et al (2016) constataram que em potenciais superiores a -0,8 MPa as sementes não têm capacidade de germinar.

Ebrahimian et al. (2019) estudando o rendimento das sementes e qualidade de óleo de girassol, gergelim e cártamo sob diferentes níveis de água de irrigação, também

constataram que a falta de água diminui significativamente o rendimento das sementes em todas as culturas.

2.4 Enzimas do Estresse Oxidativo

As enzimas são proteínas que possuem atividade catalítica e tem a capacidade de acelerar a velocidade de uma reação sem participar dela com reagente, também são excelentes catalisadores de deterioração das sementes (TAIZ; ZEIGER, 2017). Albuquerque et al. (2009) afirmam que as análises isoenzimáticas permitem uma verificação de todos os eventos bioquímicos que ocorrem no processo de deterioração durante a germinação das sementes.

O estresse oxidativo surge de uma desconformidade entre os EROs, produção e eliminação por ser um fenômeno fisiológico e bioquímico complexo (HALLIWELL, 2006; MITTLER, 2017). As diferentes condições de estresse abióticas ou bióticas conseguem aumentar a geração de EROs, que consecutivamente necessitam da planta um mecanismo que seja rápido e também eficiente para gerenciar a homeostase deles, de acordo com os problemas ambientes existentes (MITTLER, 2017).

Para manter essa homeostase das células as plantas possuem sistemas antioxidantes que são formados pelos sistemas enzimáticos e não enzimáticos (GRATÃO et al., 2005; LIEBTHAL et al., 2018). Os danos oxidativos podem ser evitados ou amenizados pelos sistemas enzimáticos, no qual podemos citar as enzimas antioxidantes, superóxidos dismutases (SOD), catalases (CAT), ascorbato peroxidase (APX) (BAILLY et al., 2008).

A SOD é considerada uma proteína que pode ser encontrada em diversos organismos aeróbicos, também pode ser considerada a primeira linha de defesa enzimática para o estresse oxidativo (GRATÃO et al., 2005). A SOD catalisa a dismutação de O_2 em H_2O_2 e o oxigênio molecular, nesse contexto possui o papel fundamental na desintoxicação de EROS e consegue coordenar toda a produção de OH (GUPTA et al., 2018).

A CAT considerada uma proteína tetra métrica possui uma função enzimática e pode ser encontrada em diferentes organismos aeróbicos, sendo a primeira enzima AOX a ser descoberta e caracterizada funcionalmente (SHARMA et al., 2012). É responsável

pela dismutação em H_2O_2 em O_2 (GILL e TUTEJA, 2010; WEYDERT e CULLEN, 2010). Mesmo existindo diversas enzimas que são envolvidas nessa degradação de H_2O_2 ela possui um papel central para essa eliminação, pelo fato que, não apresenta nenhum papel redutor, e tem a capacidade de reduzir 6 milhões de moléculas de H_2O_2 por minuto (GILL e TUTEJA, 2010).

A APX é fundamental para o metabolismo antioxidante, uma vez que catalisa a decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água e utiliza o ascorbato como forma de doador de elétrons. O H_2O_2 é uma espécie reativa de oxigênio (ERO) que é produzido pelo metabolismo aeróbico, quando submetida aos estresses bióticos e abióticos, essa enzima pode ser encontrada em no mínimo quatro compartimentos celulares (estroma, membrana do tilacóide, membrana dos microcorpos e citosol) (ALSHER; ERTURK; HEATH et al., 2002; SHIGEOKA et al., 2002).

Borba et al. (2014) observaram uma diminuição na atividade da enzima APX, em sementes de *Melanoxylon brauna Schott* submetidas às temperaturas constantes de 15, 25, 30 e 40°C, em virtude das sementes se mostrarem mais sensíveis devido o aumento do peróxido de hidrogênio que causou perda na viabilidade das sementes, verificando uma diminuição na germinação após períodos de armazenamento.

Diversos trabalhos com sementes oleaginosas, como algodão (GOEL et al., 2003; GOEL e SHEORAN, 2003; FREITAS et al., 2004), amendoim (SUNG, 1996), girassol (KIBINZA et al., 2006) e soja (SUNG E CHIU, 1995) foram verificadas a diminuição na atividade das enzimas durante todo o processo de deterioração das sementes das respectivas culturas.

CAPÍTULO 1

MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM SEMENTES DE GERGELIM ARMAZENADAS

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum*) é uma das oleaginosas mais antigas do mundo, quando armazenadas, dependendo da condição e ambientes podem afetar diretamente na qualidade fisiológica das sementes ocasionando a deterioração. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes embalagens, ambientes e períodos de armazenamento sobre a qualidade fisiológica e bioquímica em sementes de gergelim, cultivar BRS Anahí. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes e no laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG). As sementes foram armazenadas em três ambientes (laboratório, freezer e geladeira) e três embalagens (pano, papel e lata) submetidas a doze períodos de armazenamento. Para caracterização fisiológica das sementes realizou-se a determinação do grau de umidade, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca total de plântulas e para as análises bioquímicas, as enzimas do estresse oxidativo: (catalase, ascorbato peroxidase, superóxido dismutase). Em ambientes de laboratório com doze meses de armazenamento, ocorreu a redução da germinação e vigor das sementes de gergelim. Recomenda-se o armazenamento das sementes de gergelim, cultivar Anahí, em ambientes de geladeira e/ou freezer e acondicionadas em embalagem de lata, para manutenção da qualidade fisiológica das sementes. As atividades das enzimas Catalase, Ascorbato peroxidase e superóxido dismutase podem ser uma ferramenta para indicar a deterioração de sementes de gergelim armazenadas.

Palavras chave: Enzimas, Germinação, Vigor

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHIC MECHANISMS IN STORED SESAME SEEDS

ABSTRACT: Sesame (*Sesamum indicum*) is one of the oldest oilseeds in the world, when stored, depending on the condition and environment can directly affect the physiological quality of the seeds causing their deterioration and not reaching the desired yield. The experiment was developed at the Seed Analysis Laboratory and at the Biotechnology Laboratory of the Federal Rural University of Pernambuco / Garanhuns Academic Unit (UFRPE / UAG) with the objective of evaluating the effect of different packaging, environments and storage periods and the quality. physiological and biochemical analysis of sesame seeds, cultivar BRS Anahí. The seeds were stored in three environments (laboratory, freezer and refrigerator) and three packages (cloth, paper and tin) submitted to twelve storage periods. The physiological characterization of the seeds was carried out to determine the degree of humidity, germination, seedling index. germination speed, length and total dry mass of seedlings and for biochemical analysis, the enzymes of oxidative stress (catalase, ascorbate peroxidase, superoxide dismutase. In laboratory environments after twelve months of storage, there is a reduction in seed germination and vigor The storage of sesame seeds, cultivar Anahí, in refrigerated and/or freezer environments and stored in a tin can is recommended to maintain the physiological quality of the seeds. The activities of the enzymes Catalase, Ascorbate peroxidase and superoxide dismutase may be tool to indicate deterioration of stored sesame seeds.

Keywords: Enzymes, Germination, Vigour

1. Introdução

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta herbácea e ocupa a nona posição entre as oleaginosas mais plantadas do mundo (SAYDUT et al., 2008; MESQUITA et al., 2013). O armazenamento é um dos fatores mais importantes ligados ao processo reprodutivo e de produção da maioria das culturas, quando realizado de forma adequada diminui e retarda a deterioração das sementes (ZONTA et al., 2014). Essa deterioração causada nas sementes é basicamente pela mudança degenerativa após a maturidade fisiológica, o que acarreta em diversos processos, bioquímicos, físicos, fisiológicos, causando atraso no crescimento, reduzindo a germinação, morte de sementes, redução no vigor das plântulas, anormalidades, dentre outros (VIDIGAL, 2009; KISSMANN, 2009; SANTOS, 2004).

De acordo com Santos et al. (2004) a deterioração que ocorre nas sementes também pode ser causada por fatores ambientais, principalmente provocados pelo ambiente de armazenamento, com influência da temperatura e umidade relativa do ar. Cada espécie tem sua maneira adequada de armazenamento, e dessa forma, são feitos os procedimentos adequados de acordo com as condições específicas para a cultura (MEDEIROS et al., 2015; BENTO et al., 2014; NERY et al., 2014).

É importante a realização de procedimentos corretos uma vez que a falta de arejamento, condições inadequadas após colheita, ocorrências de patógenos, principalmente nos longos períodos de armazenamento, seja qual for a espécie, prejudicam a qualidade fisiológica (SILVA et al., 2014; MARCOS FILHO, 2013; COSTA et al., 2012; LUDWING et al., 2011).

Além de identificar as melhores condições na germinação das sementes é muito importante manter sua viabilidade durante o processo de armazenamento, em virtude que, a maioria das sementes não são utilizadas logo após a colheita (KISSMANN et al., 2009). Dessa forma, a identificação das condições adequadas de armazenamento se faz necessária, pois tendem minimizar os processos de deterioração e conseguir manter sua qualidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2005).

O período de armazenamento possui componentes importantes da história dos lotes de sementes o que promovem desempenho após a semeadura. (MARCOS FILHO, 2005). No armazenamento das sementes o tipo de embalagem utilizada para o acondicionamento das mesmas, tem uma grande importância principalmente no vigor e viabilidade, quando são colocadas em embalagens permeáveis, o teor de água altera de acordo com as mudanças da umidade do ar, visto que, são higroscópicas.

Nas embalagens semipermeáveis existe uma certa resistência as trocas, mesmo assim insuficiente para impedir a passagem da umidade e nas impermeáveis não ocorre influência da umidade do ar sobre as sementes (BAUDET, 2003), o que aumenta a longevidade das sementes ortodoxas durante o armazenamento.

De acordo com Oliveira e Costa (2009) não houve alteração na qualidade das sementes de gergelim armazenadas durante nove meses em condições ambientais e em câmara fria (10° C e 35% umidade) e a melhor embalagem foi à metálica (lata) em ambiente de laboratório.

As sementes quando não armazenadas em condições adequadas ocorre o processo de deterioração, esse processo se torna irreversível, formado por uma série de etapas, dando início nos eventos bioquímicos, provocando uma redução na velocidade de germinação, danos nas membranas e nas reações de biossíntese (BASU, 1995; BILAL e ABIDI, 2015).

Para Greggains et al. (2000) as plantas apresentam sistemas enzimáticos antioxidantes que constituem uma importante defesa primária contra os radicais livres gerados quando estão em condições de estresse, como a superóxido dismutase (SOD) a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) que podem quebrar o H_2O_2 em H_2O e O_2 . Mais esta regulação pode ser perdida se o estresse for mais severo, o que consequentemente tende a aumentar consideravelmente a produção de radicais livres levando a uma série de eventos que inicia com a peroxidação de lipídeos, avançando para a degradação de membranas e morte celular.

Diante dessas considerações o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes embalagens, ambientes e períodos de armazenamento sobre alterações na qualidade fisiológica e bioquímica de sementes de gergelim, cultivar BRS Anahí.

2. Material e Métodos

2.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) e no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Universidade Acadêmica de Garanhuns (UAG). Foram utilizadas sementes de gergelim da cultivar BRS Anahí doadas pela EMBRAPA- CNPA Algodão localizada no município de Campina Grande PB.

2.2 Tratamento

As sementes foram armazenadas em embalagens de papel multifoliado, lata metálica e pano em ambiente natural (laboratório) (30-32 °C e 75% UR), geladeira (4 °C e 38 a 43% UR) e freezer (-20 °C), durante 12 meses (março de 2018 até março de 2019). Inicialmente e a cada 3 meses de armazenamento, realizou-se a determinação do teor de água, avaliação da qualidade fisiológicas e bioquímicas sementes, totalizando cinco períodos de avaliação.

2.3 Parâmetros Fisiológicos

2.3.1 Teor de água

Inicialmente e a cada período de armazenamento foi determinado o teor de água das sementes em quatro repetições pelo método de estufa à $105\pm 3^{\circ}\text{C}$. Os recipientes foram pesados com suas respectivas tampas na balança analítica de precisão de 0,001g e as sementes foram distribuídas no fundo dos recipientes cobrindo por completo sua parte inferior e em seguida, colocados na estufa onde permaneceram por um período de 24 horas. Após a secagem, foi colocado para esfriar no dessecador e realizados a pesagem para a determinação do teor de água (BRASIL, 2009).

2.3.2 Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 25 sementes antes e após cada período de armazenamento. As sementes foram colocadas sobre uma folha de papel mata borrão umedecidos com água destilada em uma quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso seco, sendo acondicionados em caixas do tipo gerbox com dimensões de 11cm x 11cm (BRASIL, 2009). Em seguida, as caixas foram colocadas em câmaras de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), reguladas a temperatura constante de 25 °C. Ao final do experimento, foram computadas o número de plântulas normais por repetição e os resultados expressos em porcentagem.

2.3.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, sendo realizadas as contagens de plântulas normais diariamente no mesmo horário, do terceiro até o sexto dia após a semeadura. Os dados foram avaliados pela fórmula proposta por Maguire (1962).

$IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$, onde IVG= índice de velocidade de germinação, G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

2.3.4 Comprimento total de plântulas

Para as análises de comprimento de raiz e parte aérea das plântulas foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes, sendo postas no gerbox e colocadas na bandeja do germinador formando um ângulo de 45° no escuro. Após a permanência durante seis dias foram mensuradas as plântulas normais com auxílio de uma régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm. (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

2.3.5 Massa seca total de plântulas

Após avaliação dos comprimentos, as plântulas foram separadas por repetição e acondicionadas em sacos de papel kraft previamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Posteriormente foram retiradas da estufa e colocadas em dessecadores contendo sílica gel ativada, para o devido resfriamento e, logo após pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g, e os resultados expressos em gramas/plântula (NAKAGAWA, 1999).

2.4 Enzimas do estresse oxidativo

As plântulas para a realização da bioquímica foram coletadas, colocadas em nitrogênio líquido e em seguida armazenadas em freezer para posterior análise. Antes e após o armazenamento as plântulas de gergelim foram submetidas a análise de enzimas. O material vegetal foi macerado em nitrogênio líquido, adicionando-se, a cada 0,1 g de massa fresca da semente, 2 mL de tampão fosfato de potássio, 100 mM pH 7,0 (HAVIR; MCHALE, 1987). Os extratos foram imediatamente centrifugados por 10 minutos a 10.000 rpm a 4° C. Em seguida foram coletados os sobrenadantes das amostras em microtubos para posterior análise.

2.4.1 Atividade total da Catalase (CAT)

A atividade da catalase foi realizada com a utilização do material vegetal, após a preparação do extrato foram feitas as soluções de EDTA 1 Mm=0,01 M, tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0 e peróxido de hidrogênio 500Nm=0,5M a leitura feita em espectrofotômetro lido a absorvância a 240nm no tempo 0 e após 60 segundos em espectrofotômetro (HAVIR e MCHALE, 1987). Dessa forma, a atividade da enzima foi calculada pelo coeficiente de extinção molar de 36 M-1cm-1.

2.4.2 Atividade Total da Ascorbato Peroxidase (APX)

Após o preparo do extrato 0,1 g e macerado em nitrogênio líquido acrescentaram-se 4 ml de tampão de fosfato de potássio ph 7 + 0,05 g de polivinilpirrolidona PVP, em seguida o material foi centrifugado por 10 minutos a 10.000 rpm a 4°C. A atividade de APX foi proposta de acordo com o método de Nakano e Asada (1981), modificado por

Koshiba (1993). O método consistiu na diminuição da concentração do peróxido de hidrogênio do meio pela APX do extrato com a redução de ácido ascórbico fornecido. A leitura medida em espectrofotômetro lido a absorvância a 290nm no tempo 0 e após 60 segundos em espectrofotômetro.

2.4.3 Atividade da superóxido dismutase – SOD

A avaliação da atividade da SOD foi usada 100 µL do sobrenadante , 1600 de tampão fosfato de sódio 50mM (pH7,8), 13nM de metionina e 1 mM EDTA, 40 µL de riboflavina 2mM e 200 µL de NBT pipetados em tubos de ensaio (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977) .Na sequência os tubos foram transferidos para uma caixa de isopor iluminada por lâmpadas fluorescente. Após dez minutos na luz a solução foi transferida para cubeta para posterior leitura realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 560 nm. Os valores foram expressos em unidade de atividade por minuto por grama de matéria fresca (UA g MF-1), sendo que uma unidade de atividade corresponde a 50% da inibição da redução do NBT. (BEAUCHAMP e FRIOVICH, 1971).

2.4.4Quantificação da Proteína

Para quantificação de proteína total foram adicionados 50 µL do extrato enzimático e colocado 1500 µL da solução de Bradford, sendo agitados por 5 minutos em vortex para posterior leitura em espectrofotômetro a 595nm, sendo as análises realizadas segundo o método de Bradford (1976).

2.5 Delineamento experimental e análise estatística

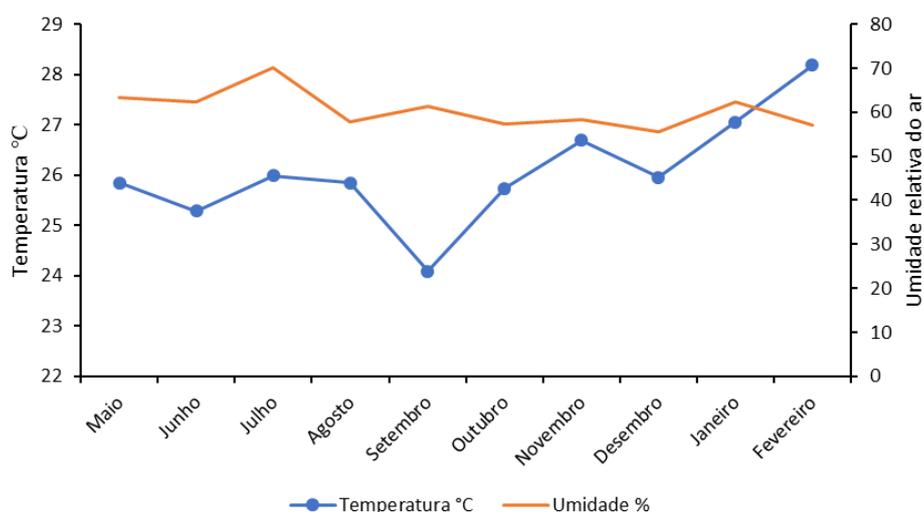
Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída por três ambientes: geladeira, laboratório e freezer e a subparcela pelas embalagens pano, papel e lata metálica. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste “F”, para os efeitos quantitativos foi realizada análise de regressão e para os efeitos qualitativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Considerou-se o coeficiente de determinação (R²) igual ou superior a 0,50.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, encontram-se os dados de temperatura e umidade relativa do ar, medidos com o Termo higrômetro digital, durante os meses de armazenamento das sementes de *S. indicum* cultivar Anahí em condições de laboratório.

A temperatura média do ambiente ao longo dos meses de armazenamento foi de (25° C), observando-se uma queda na temperatura no mês de setembro (24° C), e nos meses seguintes houve um aumento, com oscilações entre os meses de outubro (25° C) a janeiro (27° C) e em fevereiro foi registrada a temperatura mais alta (28° C).

Figura 1. Dados de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) entre os meses de maio a dezembro de 2018 até fevereiro de 2019. Garanhuns-PE.



Fonte: Rodrigues (2019)

Com relação a umidade relativa do ar (Figura 1), verificou-se um aumento apenas no mês de julho (70%), com pequenas oscilações até o final do armazenamento (57% a 62%). A menor umidade foi registrada no mês de dezembro com (55%).

As sementes de *S. indicum*, cultivar Anahí, foram armazenadas com o teor de água de 5% (Figura 2) e observou-se que, mantiveram-se entre a faixa ótima de armazenamento, em que o indicado para a espécie é menor ou em torno de 6%.

Na Figura 2A em condições de geladeira nas embalagens testadas, o teor de água das sementes ajustou-se ao modelo linear decrescente. Em condições de laboratório (Figura 2B) constatou-se que houve um aumento no teor de água nas sementes

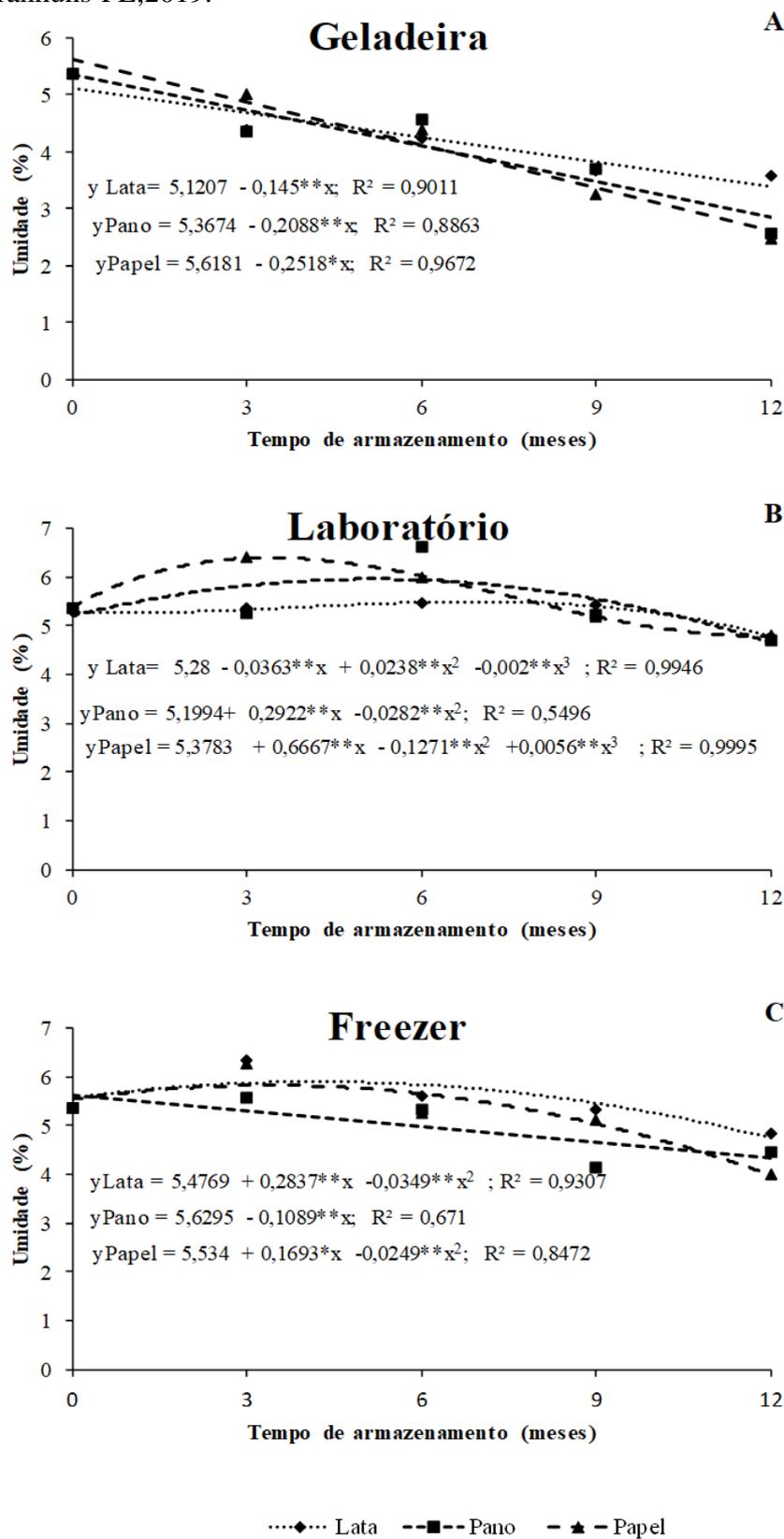
acondicionadas nas embalagens de papel e pano, aos seis meses de armazenamento, o que provavelmente ocorreu em virtude de uma queda na temperatura e aumento de umidade relativa do ar no mês de setembro, como observado na Figura 1. De acordo com Masetto et al. (2015) variações seriam esperadas para ambiente de laboratório, visto que as condições de umidade relativa do ar não foram controladas. Entretanto, no ambiente de geladeira, a umidade relativa também é baixa e pode ter contribuído para a redução do teor de água das sementes nesse ambiente.

Ainda na Figura (2B), verificou-se que em condições de laboratório as sementes acondicionadas na lata, ajustaram-se ao modelo quadrático, atingindo o ponto de máximo de 5,18% aos seis meses de armazenamento. Bessa et al. (2015) observaram em sementes de Crambe que para cada mês de armazenamento ocorreu um aumento de 0,086% no teor de água das sementes armazenadas em embalagem PET. O teor de água está relacionado diretamente a taxa respiratória e diretamente proporcional a deterioração das sementes.

Em condições de freezer, os dados do teor de água das sementes acondicionadas em embalagens de papel e lata se ajustaram ao modelo quadrático, atingindo pontos máximos de 3 e 4 %, respectivamente (Figura 2C). Para as sementes nas embalagens de pano, ocorreu uma redução no teor de água ao longo do armazenamento (Figura 2C).

Como pode-se verificar houve alterações no teor de água das sementes ao longo do armazenamento (Figura 2 B e C), efeito também já constatado por outros autores estudando o armazenamento de sementes de oleaginosas (GUEDES et al., 2012).

Figura 2. Teor de água de sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B) e Freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE,2019.



Para o teor de água das sementes (Tabela 1), percebe-se que não houve diferença estatística significativa no período inicial do armazenamento para os ambientes e embalagens. Com três meses de armazenamento, pode-se observar diferenças nos teores de água das sementes na embalagem de lata no freezer (6,33%) em relação a geladeira e ambiente de laboratório (4%). De uma forma geral, os teores de água das sementes de gergelim se mantiveram semelhantes dentro de cada ambiente, sendo encontrados menores teores de água nas sementes que estavam nos ambientes de laboratório e geladeira, e nos ambientes freezer os maiores valores independente da embalagem utilizada.

Masetto et al. (2015) trabalhando com armazenamento de sementes de Crambe nas diferentes embalagens e ambientes, verificou que não ocorreu interação significativa entre os ambientes e embalagens para a variável teor de água, ocorreu interação apenas entre ambientes nos períodos de armazenamento

Com seis meses de armazenamento ficou evidente o aumento no teor de água das sementes acondicionadas em embalagens de pano e papel em condições não controladas (laboratório). Possivelmente, este aumento esteja atrelado ao aumento na umidade relativa do ar onde as sementes estavam armazenadas (Figura 1), como também as embalagens permitirem essa troca. No último período de armazenamento em condições de geladeira, para todas as embalagens, o teor de água ficou entre 2,5 e 3 %.

Em estudos com potencial fisiológico em sementes de Crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) em função de embalagem e armazenamento, Cardoso et al. (2012) afirmaram que as diferentes embalagens resultam em respostas distintas sobre o teor de água das sementes, ou seja, possui total influência devido a permeabilidade de cada um, em virtude das flutuações que ocorrem na umidade relativa do ambiente.

Tabela 1. Valores médios de teor de água em sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de Geladeira, Laboratório e Freezer em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.

Períodos de armazenamento	Ambientes	Embalagens		
		Lata	Pano	Papel
0	Geladeira	5,38 Aa	5,38 Aa	5,38 Aa
	Laboratório	5,38 Aa	5,38 Aa	5,38 Aa
	Freezer	5,38 Aa	5,38 Aa	5,38 Aa
3	Geladeira	4,40 Ba	4,35 Ba	5,03 Ba
	Laboratório	4,75 Bb	5,25 Ab	6,40 Aa
	Freezer	6,33 Aa	5,58 Ab	6,18 Aab
6	Geladeira	4,25 Ba	4,58 Ca	4,40 Ca
	Laboratório	5,05 Ab	6,60 Aa	6,00 Aa
	Freezer	5,60 Aa	5,33 Ba	5,28 Ba
9	Geladeira	3,66 Ba	3,71 Ba	3,25 Ba
	Laboratório	5,42 Aa	5,23 Aa	5,20 Aa
	Freezer	5,32 Aa	4,15 Bb	5,78 Aa
12	Geladeira	3,57 Ba	2,56 Bb	2,48 Bb
	Laboratório	4,76 Aa	4,69 Aa	4,80 Aa
	Freezer	3,85 Bb	4,45 Aab	4,75 Aa

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Rodrigues (2019)

Os dados do índice de velocidade de germinação estão representados na Figura 3, onde se observou que para os ambientes de laboratório e freezer as sementes acondicionadas na embalagem de lata, os dados ajustaram-se ao modelo linear, ou seja, ocorreu uma redução no vigor das sementes ao longo do armazenamento. Através dessa variável pode-se indicar o melhor período e embalagem para armazenar as sementes, uma vez que, o IVG alto, indica maior vigor e germinação diária. Independentemente do ambiente e da embalagem de armazenamento, houve uma queda no IVG a partir dos três primeiros meses.

Resultados semelhantes aos de Lima et al. (2014) que trabalhando com armazenamento em sementes de gergelim em condições de ambiente natural, geladeira e freezer durante um período de doze meses, também observaram que esse decréscimo ocorreu a partir dos três meses.

As sementes armazenadas em condições de geladeira (Figura 3A) nas embalagens de lata, pano e papel, ajustam-se ao modelo quadrático, atingindo os pontos de máximo

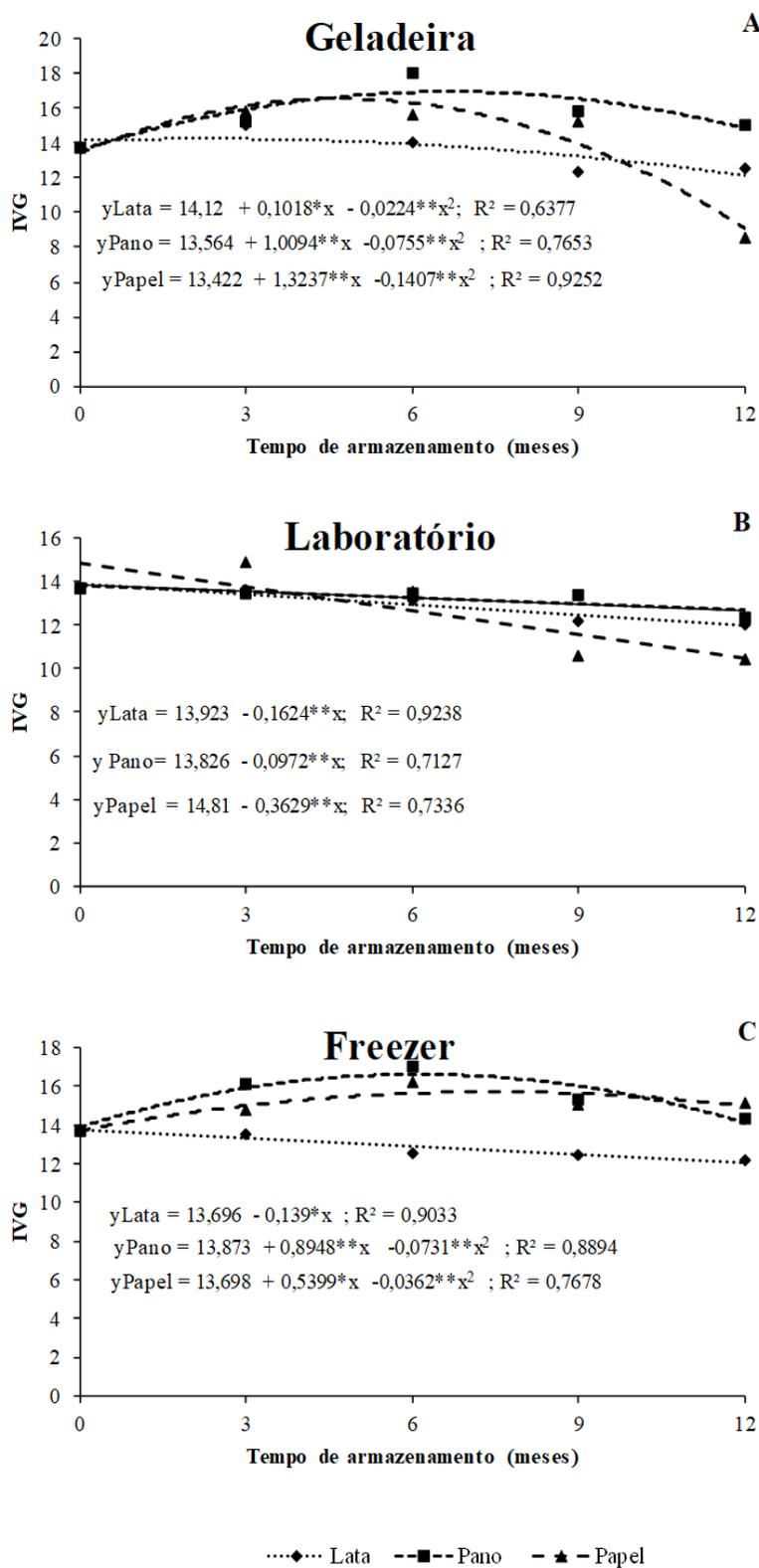
de 6,66 ,4,70, 2,27, respectivamente. Em condições de laboratório, os dados ajustaram-se ao modelo linear decrescente para todas as todas embalagens e ambientes (Figura 3B), ou seja, houve uma redução do vigor das sementes independente da embalagem utilizada, sendo a maior redução para as sementes acondicionadas em embalagem de papel. As sementes quando não armazenadas em condições adequadas ocorre o processo de deterioração, que é formado por uma série de etapas, dando início nos eventos bioquímicos, provocando uma redução na velocidade de germinação, danos nas membranas e nas reações de biossíntese (BASU, 1995; BILAL e ABIDI, 2015).

Para as sementes armazenadas em ambiente de freezer e acondicionadas nas embalagens de pano e papel, os dados se ajustaram ao modelo de regressão polinomial quadrática sendo os máximos encontrados de 6,12 e 7,45 respectivamente (Figura 3 C).

Smaniotto et al. (2014) estudando a qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em diferentes condições, observaram que o ambiente climatizado (20 °C) proporciona melhor conservação na qualidade das sementes de soja. Enquanto que, Azevedo et al. (2003) trabalhando com diferentes embalagens em condições de armazenamento de Gergelim da cultivar CNPA-G2, constatou-se que as embalagens impermeáveis são as mais indicadas para conservação da qualidade fisiológica das sementes de gergelim. Cabe ressaltar que essas afirmações têm que levar em consideração uma série de fatores, tais como: teor de água, temperatura de armazenamento, composição química e ainda o genótipo, pois podem ocorrer variações de repostas dentro das mesmas condições de armazenamento.

Donadon et al. (2015) trabalhando com armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica Hochst* em ambiente natural e ambiente refrigerado com diferentes embalagens, observaram que as embalagens pouco interferiram na qualidade das sementes.

Figura 3. Índice de velocidade de germinação das sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B), freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.



Na Tabela 2, estão os dados referentes ao índice de velocidade de germinação (IVG), e se constatou inicialmente que não houve diferença estatística significativa. Nos demais períodos, pode-se observar que nas condições de freezer e na embalagem de lata foram encontrados os maiores valores de vigor.

Estudando o potencial fisiológico de sementes de Crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) em função de embalagens e armazenamento, Cardoso et al. (2012) observaram que o IVG foi influenciado pelos tipos de embalagens e verificaram ainda que a partir de seis meses de armazenamento as sementes acondicionadas em embalagem metálica mantiveram os mais altos índices ao longo do armazenamento.

Tabela 2. Índice de velocidade de germinação das sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de laboratório, freezer e geladeira em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.

Períodos de armazenamento	Ambientes	Embalagens		
		Lata	Pano	Papel
0	Geladeira	13,72 Aa	13,72 Aa	13,72 Aa
	Laboratório	13,72 Aa	13,72 Aa	13,72 Aa
	Freezer	13,72 Aa	13,72 Aa	13,72 Aa
3	Geladeira	17,99 Aa	15,24 ABb	15,77 Aab
	Laboratório	15,65 Ba	13,12 Ba	14,89 Aa
	Freezer	19,48 Aa	16,08 Ab	16,75 Ab
6	Geladeira	15,03 ABb	17,98 Aa	15,58 ABab
	Laboratório	13,16 Ba	14,43 Ba	13,54 Ba
	Freezer	17,10 Aa	17,00 aAB	16,23 Aa
9	Geladeira	15,33 Ab	19,77 Aa	15,26 Ab
	Laboratório	12,21 Bb	17,34 ABa	9,83 Bb
	Freezer	16,45 Aa	15,32 Ba	15,07 Aa
12	Geladeira	15,55 Aa	15,01 Aa	8,51 Cb
	Laboratório	10,00 Bb	12,30 Bab	14,43 Ba
	Freezer	17,15 Aa	14,37 ABb	17,13 Aa

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Rodrigues (2019)

Com relação a germinação das sementes de *S. indicum*, cultivar Anahí (Figuras 4A, B e C), observou-se que em condições de geladeira, laboratório e freezer nas embalagens de papel, pano e lata, os dados se ajustaram ao modelo linear, havendo um decréscimo no percentual de germinação ao longo dos períodos de armazenamento. Almeida et al. (2010) estudando técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas,

verificaram que todas as espécies avaliadas obtiveram comportamento linear para a variável germinação após tempos de armazenamento.

As sementes de gergelim submetidas ao armazenamento tiveram um decréscimo na porcentagem de germinação, visto que, quando armazenadas durante um longo período ocorre a deterioração das sementes. Pesquisas realizadas com sementes de Crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) submetidas ao armazenamento em diferentes embalagens e ambientes, Masetto et al. (2015) também verificaram esse decréscimo.

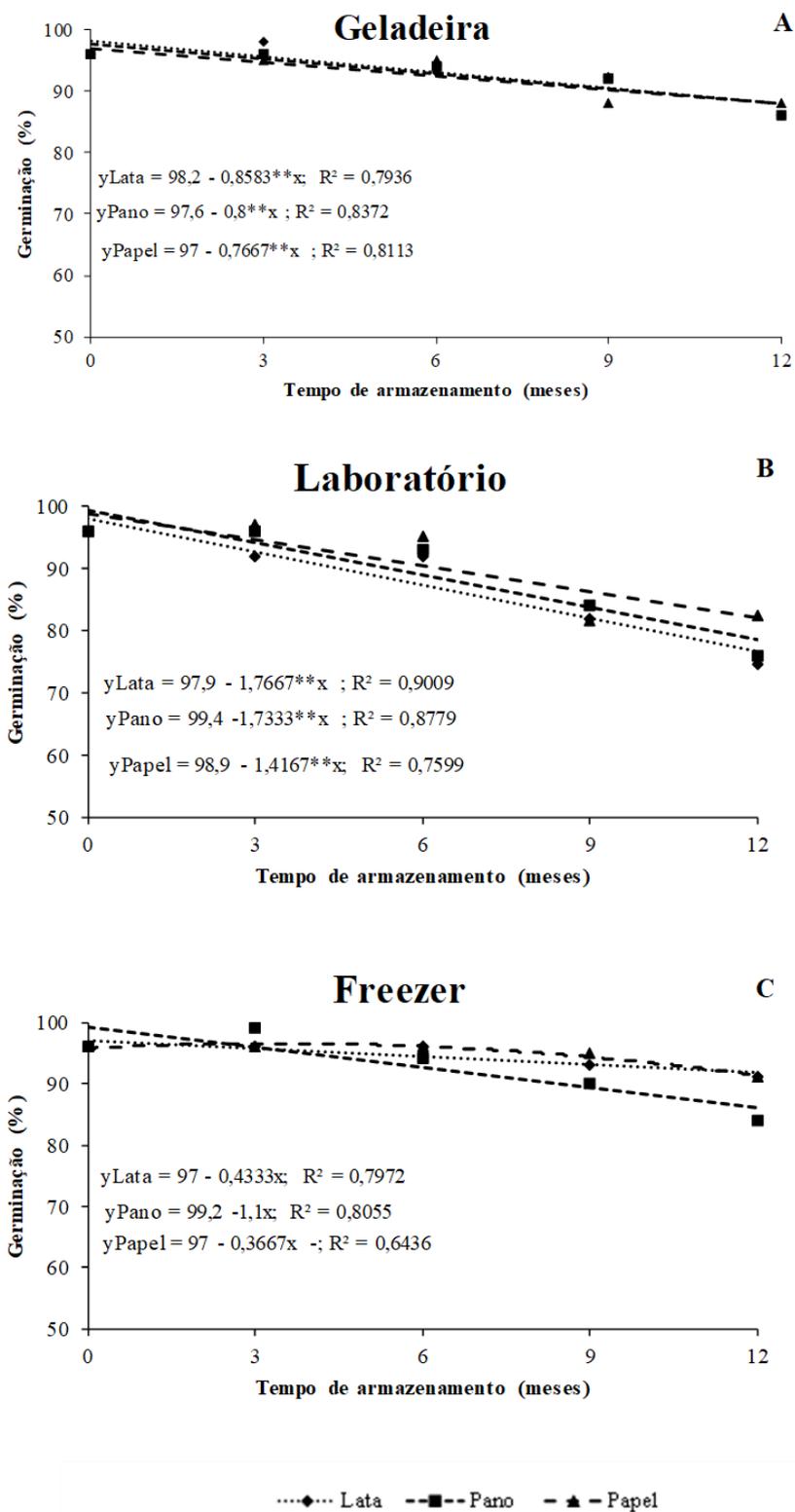
Observou -se que a porcentagem de germinação nas condições de geladeira ficou em torno de 80% em todas as embalagens (Figura 4A) e em condições de laboratório 70 % (Figura 5B). A maior porcentagem de germinação das sementes ocorreu nas condições de freezer nas embalagens de lata e papel, atingindo 90% aos 12 meses de armazenamento (Figura 5C). Provavelmente, as baixas temperaturas diminuem a atividade respiratória das sementes de gergelim o que contribuem para sua conservação ao longo do armazenamento.

Junior et al. (2012) estudando as sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes, constataram que as temperaturas de 4 a 6 °C o armazenamento pode ser realizado pelo período de 180 dias, sem prejudicar a qualidade fisiológica das sementes.

Carvalho et al. (2014) trabalhando com cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento, observaram que as sementes armazenadas em câmara fria e seca matem a germinação e vigor das sementes por períodos indeterminados.

De acordo com Lima et al. (2014) as sementes de gergelim armazenadas em condições de câmara fria ou geladeira mantiveram uma porcentagem de mais de 80% durante doze meses de armazenamento.

Figura 4. Porcentagem de germinação de sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de Geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Os dados de porcentagem de germinação se encontram na Tabela 3, onde observou-se que no período inicial e seis meses de armazenamento não houve diferença estatística para a germinação das sementes acondicionadas nas diferentes embalagens. Com três meses, observou-se que na embalagem de lata no ambiente de laboratório ocorreu a maior germinação (92%) e, após 12 meses as sementes armazenadas em condições de laboratório atingiram a menor germinação (70%).

A partir de nove meses de armazenamento, as sementes de gergelim que estavam armazenadas no laboratório tiveram redução da germinação, independente da embalagem utilizada, provavelmente esta situação pode estar associada as oscilações temperaturas do ambiente de armazenamento.

Tabela 3. Porcentagem de germinação das sementes de *S. indicum* armazenadas em ambiente de geladeira, laboratório e freezer em diferentes embalagens, durante 360 dias. Garanhuns-PE, 2019.

Períodos de armazenamento	Ambientes	Embalagens		
		Lata	Pano	Papel
0	Geladeira	96 Aa	96 Aa	96 Aa
	Laboratório	96 Aa	96 Aa	96 Aa
	Freezer	96 Aa	96 Aa	96 Aa
3	Geladeira	98 ABa	96 Aa	95 Aa
	Laboratório	92 Ba	96 Aa	97 Aa
	Freezer	100 Aa	99 Aa	98 Aa
6	Geladeira	93 Aa	94 Aa	95 Aa
	Laboratório	92 Aa	93 Aa	95 Aa
	Freezer	98 Aa	94 Aa	96 Aa
9	Geladeira	92 Aa	92 Aa	88 Ba
	Laboratório	82 Ba	84 Ba	82 Ba
	Freezer	93 Aa	90 ABa	95 Aa
12	Geladeira	86 Aa	86 Aa	65 Bb
	Laboratório	75 Bb	76 Bb	87 Aa
	Freezer	91 Aa	84 Aa	91 Aa

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Rodrigues (2019)

De acordo com Araújo et al. (2019) ao trabalharem com tratamentos alternativos para a conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis L.*) observaram que as sementes quando armazenadas em condições de laboratório, por um período superior a

oito meses precisam de tratamentos com fungicidas químicos para sua conservação, mais quando armazenadas em câmara fria mantem sua germinação e seu vigor acima de 80% independente da embalagem utilizada.

Os dados referentes ao comprimento de plântulas se encontram na Figura 5A e 5B, e se ajustaram ao modelo linear decrescente. No início do armazenamento as plântulas de gergelim atingiram 10 cm de comprimento e ao longo do armazenamento houve uma redução, atingindo 7 cm. O ambiente de geladeira proporcionou uma melhor conservação no vigor das sementes, em que as plântulas se encontravam com 7, 31 cm de comprimento. E na embalagem de papel, obteve os maiores resultados após 12 meses de armazenamento Figura (5 B).

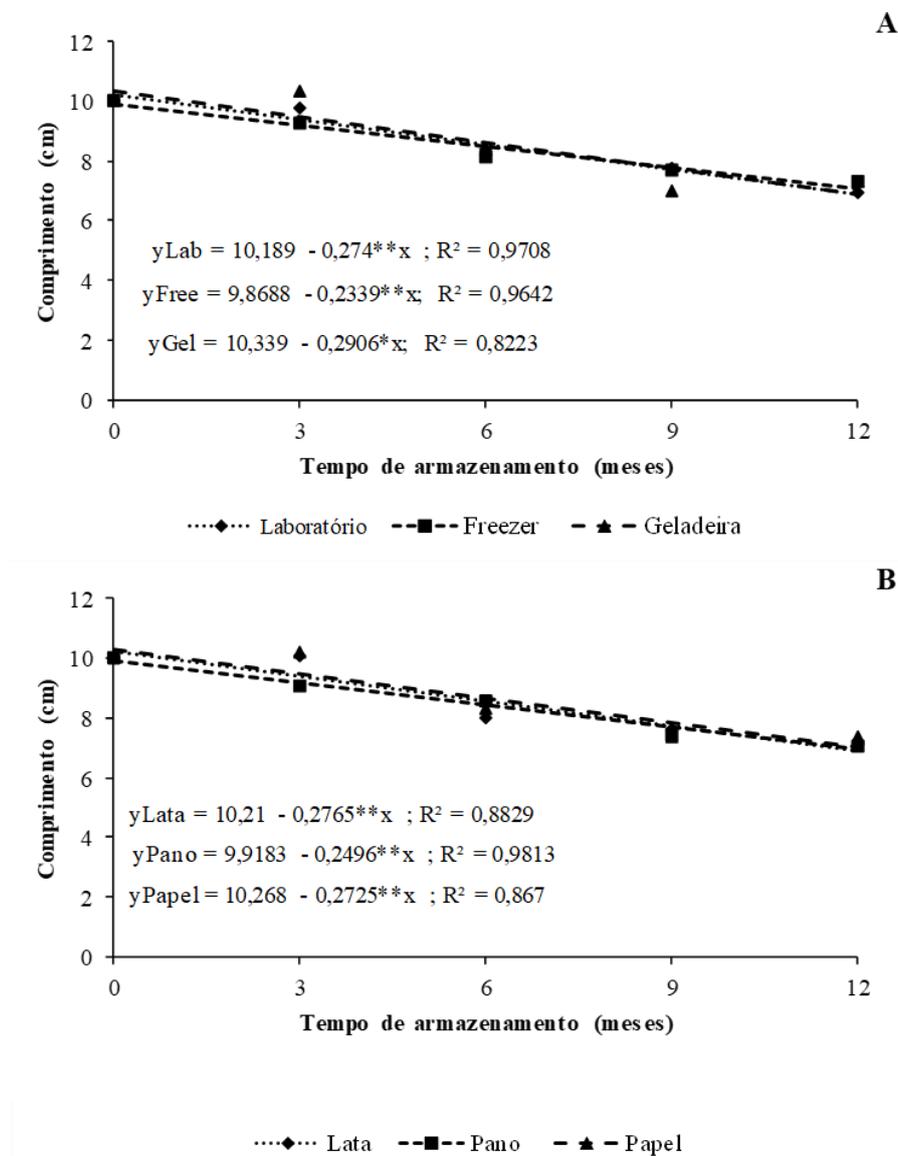
De acordo com Marcos Filho (2005) uma das modificações fisiológicas ocasionados pelo baixo vigor, é a diminuição na velocidade e crescimento das plântulas, conforme foi observado nas Figuras 4 (A, B e C) e Figuras 5 (A e B).

Aos 12 meses de armazenamento das sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) o crescimento de plântulas foi maior quando as sementes foram acondicionadas em geladeira nas embalagens de papel. De acordo com Vanzolini et al. (2007) e Socolowski et al. (2011) afirmaram que nem sempre as sementes com maior porcentagem de germinação resultam em plântulas de maior crescimento, fato este, que depende de diversas características como tamanho da semente, estágio de divisão celular e a constituição dos tecidos de reservas das sementes.

Em sementes de Crambe acondicionadas em diferentes embalagens e períodos de armazenamento, Cardoso et al. (2012) observaram uma diminuição no crescimento das plântulas com o aumento de tempo do armazenamento.

As sementes armazenadas de gergelim, possivelmente, mesmo que em baixa velocidade, respiram, e com isso degradam os tecidos de reservas que seriam necessários para formar plântulas com maior tamanho.

Figura 5. Comprimento de total plântulas de Gergelim oriundas de sementes de *S. indicum* submetidas aos períodos de armazenamento. Garanhuns - PE, 2019.

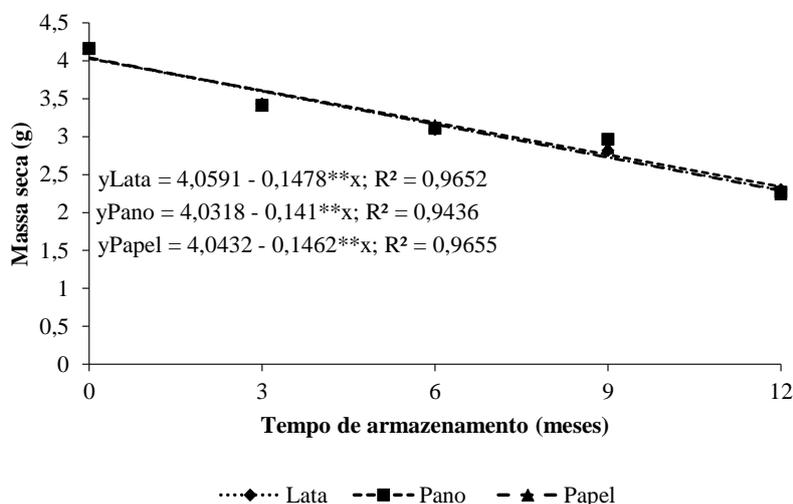


Fonte: Rodrigues (2019)

Na Figura 6, encontram-se os resultados referentes e massa seca das plântulas de gergelim, cultivar Anahí, oriundas das sementes armazenadas. Os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear, onde, observou-se uma redução na massa seca das plântulas ao longo dos períodos de armazenamento. A maior massa seca de plântulas foi encontrada inicialmente (4 mg), entretanto, nos demais períodos ocorreu um decréscimo, no período 3 (3,4 mg) e período 6 (2,9 mg) nos últimos períodos de armazenamento correspondente ao período 9 e 12 diminuíram para 2 mg.

As plântulas que apresentam maior massa seca são aquelas consideradas mais vigorosas e essa característica está relacionada diretamente com as sementes, porque elas têm a função de transferir a massa seca de seus tecidos de reserva até o eixo embrionário durante a fase da germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Nesse contexto percebe-se que as sementes estavam mais vigorosas nos primeiros meses de armazenamento e com o passar dos períodos foram perdendo o vigor, apresentando assim um comportamento linear decrescente.

Figura 6. Massa seca total de plântulas de Gergelim *S. indicum* oriundas de sementes submetidas aos períodos de armazenamento. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Na Figura 7 A, B e C, encontram-se os dados referentes a atividade enzimática da catalase (CAT), durante os períodos de armazenamento das sementes. Para o ambiente de geladeira, observou-se que aos 0 e 6 meses de armazenamento das sementes de gergelim não houve efeito significativo na atividade de catalase para as plântulas oriundas de sementes armazenadas nas embalagens estudadas (Figura 7A).

Com três meses de armazenamento, as sementes que foram acondicionadas nas embalagens de lata proporcionaram a maior atividade da CAT, apesar de não diferirem estatisticamente daquelas acondicionadas em embalagens de pano. Aos nove e 12 meses de armazenamento, as plântulas oriundas das sementes que estava na embalagem de lata reduziram sua atividade enzimática, e aquelas que foram acondicionadas em embalagem de pano originaram plântulas com maior atividade dessa enzima (Figura 7 A). Rocha et

al. (2016) estudando qualidade fisiológica e atividade enzimática das sementes de gergelim observaram uma diminuição na atividade da catalase, essa diminuição da CAT na semente, diminui a capacidade respiratória, prejudicando a transferência de energia para sua germinação.

Para o ambiente de laboratório (Figura 7B), as maiores atividades da CAT foram também verificadas nas plântulas oriundas de sementes que estavam acondicionadas nas embalagens de lata, até os nove meses de armazenamento (Figura 7C) sendo que aos 12 meses houve uma redução, e a maior atividade, neste período, foi registrada nas plântulas provenientes das sementes acondicionadas em embalagens de pano. A menor atividade desta enzima, ao longo do armazenamento, demonstra que houve uma redução da capacidade de prevenção de danos oxidativos

Para o ambiente de freezer (Figura 7 C), verifica-se que até os seis meses de armazenamento não houve alteração da atividade de catalase nas plântulas oriundas das sementes acondicionadas nas embalagens estudadas. Pode ser que a temperatura desse ambiente de armazenamento tenha reduzido a velocidade de deterioração, e consequentemente, menor atividade da enzima catalase. Aos nove meses e 12 meses as maiores atividades desta enzima foram oriundas de plântulas que estavam acondicionadas em embalagens de pano.

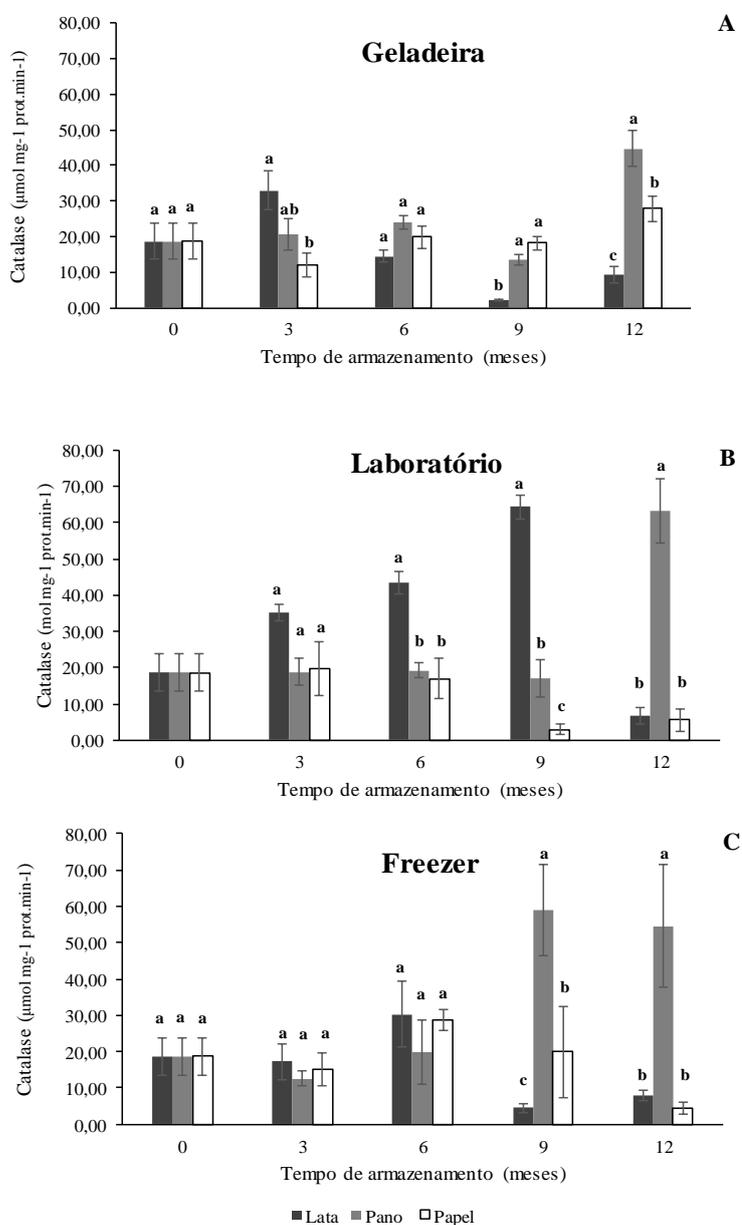
De acordo com Flores et al. (2014) o comportamento da atividade de catalase durante todo o processo de germinação varia de espécie para espécie. A atividade de catalase pode estar envolvida nos processos da preservação da viabilidade e também como forma de proteção das membranas nas sementes contra as EROs que são produzidas (PRODANOVIC et al., 2007).

De uma forma geral, dentro de todos os períodos de armazenamento, ficou evidente um aumento na produção da Catalase nas plântulas provenientes de sementes acondicionadas em embalagem de pano, principalmente nos ambientes de laboratório e freezer. Poder ser, que esse aumento esteja relacionado ao início da deterioração das sementes nestas embalagens, por ser permeável, permite a troca com o ar circundante, aumentando a respiração das sementes, e estas, por sua vez, é um dos principais processos ligados a formação dos radicais livres nas sementes. Dessa forma, um aumento na

atividade dessa enzima, demonstrou que houve uma maior capacidade de prevenir os danos oxidativos.

El-Shabrawi et al. (2010) constataram que o aumento observado na atividade de APX e Enzimas CAT em diferentes condições de armazenamento indicam a produção de EROs, portanto, enfatizam ser o início do processo de deterioração estabelecendo uma redução na viabilidade das sementes.

Figura 7. Atividade de Catalase em sementes de gergelim de *S. indicum* armazenadas em ambiente de geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

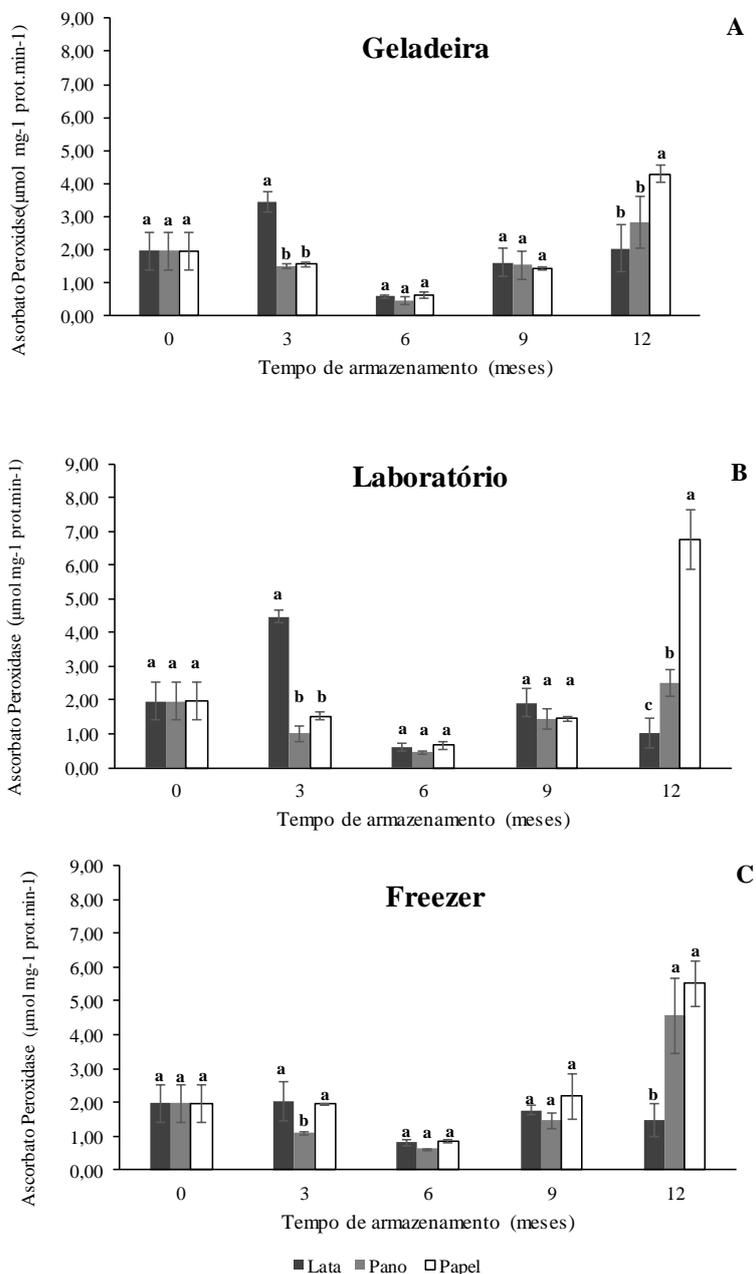
Os resultados da atividade de ascorbato peroxidase (APX) das sementes de gergelim armazenadas durante 12 meses, estão na Figura 8 A, B e C.

Inicialmente e aos 6 e 9 meses de armazenamento das sementes de gergelim, a atividade de ascorbato peroxidase permaneceu inalterada nas plântulas que estavam acondicionadas nas diferentes embalagens, Figura 8. É importante a manutenção da atividade de enzimas do sistema antioxidante, pois atuam na remoção e redução de espécies reativas de oxigênio (EROs) que podem causar danos celulares. Mudanças na atividade dessa enzima foi verificada com doze meses de armazenamento, em que a maior atividade da APX foi constatada nas plântulas provenientes de sementes acondicionadas na embalagem de papel, apesar de não diferirem em algumas situações, sendo, a menor atividade registrada naquelas plântulas oriundas das sementes acondicionadas na embalagem de lata, independente do ambiente de armazenamento.

Em trabalhos com outras culturas, como exemplo, o envelhecimento acelerado na cultura do arroz proporcionou uma redução na atividade da enzima APX, que conseqüentemente prejudicou o vigor das sementes. Dessa forma, a diminuição dessa atividade está relacionada a diminuição da qualidade das sementes (MARQUES et al., 2014).

De acordo com Borba et al. (2014) a diminuição na atividade da APX mostra que as sementes estavam sensíveis aos efeitos dos radicais livres e também pelo aumento do peróxido de hidrogênio que causam a perda na viabilidade das sementes, o que mostra a redução na germinação nos últimos períodos de armazenamento.

Figura 8. Atividade de Ascorbato peroxidase (APX), em sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) armazenadas em geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Na Figura 9 (A, B e C), encontram-se os dados referentes a atividade superóxido dismutase, durante os doze meses de armazenamento das sementes de gergelim, cultivar Anahí. Verifica-se que no ambiente de geladeira, as plântulas praticamente não tiveram a atividade de superóxido dismutase no período de seis meses. Sendo que aos três e nove

meses a maior atividade foram registradas nas plântulas oriundas de sementes acondicionadas na embalagem de papel, diferindo estatisticamente das demais. Aos doze meses, observou-se o mesmo comportamento, só que não diferiram estatisticamente entre si. Carvalho et al. (2014) trabalhando com sementes de soja armazenadas, observaram que após seis e oito meses nas sementes armazenadas em câmara fria, a atividade da SOD manteve-se inalterada.

No ambiente de laboratório (Figura 9 B), a menor atividade da SOD foi observada nas plântulas provenientes de sementes acondicionadas em lata, apesar de não diferirem estatisticamente das outras embalagens.

Para o ambiente de freezer, Figura 9 C, não houve alteração da atividade de superóxido, nos três primeiros meses e aos doze meses de armazenamento. Com o tempo de armazenamento das sementes pode ocorrer o aumento das EROs em virtude do estresse que se encontram as sementes e a medida que esses EROs se intensificam, pode alterar a expressão da atividade SOD.

Em trabalhos com sementes de algodão, Goel et al. (2003) obtiveram uma redução de atividade da SOD quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento acelerado, o mesmo ocorreu em estudos de Bailly et al. (1996) avaliando sementes de girassol, observaram também diminuição dessa atividade, visto que, está relacionada a perda de viabilidade das sementes. Já para os resultados desse trabalho não foi possível verificar essa diminuição, em virtude de que as sementes de gergelim se mantiveram viáveis aos doze meses de armazenamento.

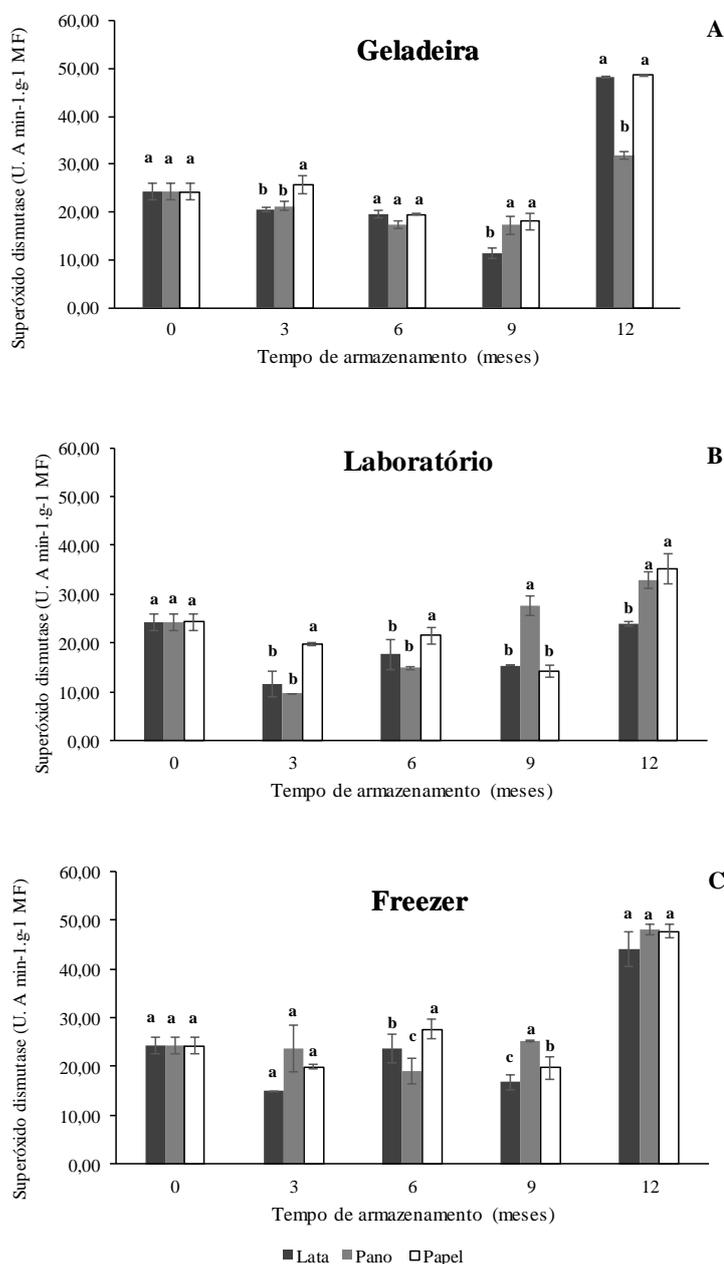
Em estudos de Cai et al. (2011), constataram um aumento na atividade da SOD trabalhando com sementes de *J. curcas*, os autores afirmam que esse aumento da atividade durante a germinação das sementes estava relacionado com o aumento dos EROs, o que resultou em uma proteção para a planta contra os danos oxidativos.

A atividade da enzima superóxido dismutase é de grande importância, sua atuação tem capacidade de reduzir a reatividade de espécies de oxigênio (ROS) que são responsáveis por causar danos as células (MOLLER et al. 2007 e DEUNER et al. 2011).

Em estudos com sementes de *J. curcas* Oliveira (2013) relatou aumento na atividade da enzima superóxido dismutase após nove meses de armazenamento, o que corroboram com os resultados encontrados nas sementes de gergelim.

Assim, ao avaliar a atividade enzimática de plântulas provenientes de sementes de gergelim armazenadas, foi possível perceber que as atividades mais baixas do sistema de defesa anti-oxidante foram detectadas em sementes armazenados em ambientes de geladeira e/ou freezer acondicionadas em embalagem de lata que permitiram uma melhor conservação potencial fisiológico.

Figura 9. Atividade de Superóxido Superóxido Dismutase (SOD), em sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) armazenadas em geladeira (A), laboratório (B) e freezer (C) em diferentes embalagens. Garanhuns-PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Em estudos com gergelim, Amooaghaie e Enteshari (2017) verificou que as plantas quando submetidas a determinado estresse aumentou as atividades das enzimas SOD e CAT nas raízes, em virtude que as plantas de gergelim ativaram o sistema antioxidante para evitar o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) nas raízes.

4.CONCLUSÃO

Recomenda-se o armazenamento das sementes de gergelim, cultivar Anahí, em ambientes de geladeira e freezer acondicionadas em embalagem de lata por doze meses para manutenção da qualidade fisiológica das sementes;

Em ambientes de laboratório em condições não controladas, após 12 meses de armazenamento, ocorre redução da germinação e vigor das sementes de gergelim;

As atividades das enzimas Catalase, Ascorbato Peroxidase e Superóxido Dismutase podem ser uma ferramenta para indicar a deterioração de sementes de gergelim armazenadas.

CAPÍTULO 2

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM PLÂNTULAS DE GERGELIM SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO: O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma espécie que vem ganhando destaque na produção devido a sua importância na indústria para panificação, fabricação de perfumes, remédios, tintas e principalmente devido a quantidade de ácidos graxos insaturados. O objetivo do trabalho foi avaliar desempenho fisiológico e fotossintético de plântulas de gergelim, cultivar BRS Anahí, submetidas aos efeitos do estresse hídrico. As sementes foram semeadas em caixas do tipo gerbox, contendo uma folha de mata borrão umedecidos com água destilada (testemunha) e soluções de PEG 6000 (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 MPa) na quantidade de 2,5 vezes seu peso seco, utilizando-se 4 repetições de 50 sementes sob temperatura de 25 °C. Foram avaliados: teor de água, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimentos e massa seca de plântulas, açúcares solúveis totais, clorofila a, b, a/b, total e carotenoides. A medida que diminuiu o potencial hídrico houve redução da germinação, tornando-se nula em -0,8 MPa. Houve redução linear decrescente para todas as variáveis fisiológicas com a diminuição do potencial hídrico do substrato. Para as variáveis clorofila a, b, total e carotenoides não houve diferenças estatísticas significativas nos resultados dos potenciais, testemunha (0,0) e -0,2 MPa, diferindo apenas no potencial -0,4 MPa. As sementes de gergelim, cultivar BRS Anahí é tolerante ao estresse hídrico e reduzem drasticamente a qualidade fisiológica de suas sementes e dos pigmentos fotossintéticos em potenciais hídricos simulado com polietilenoglicol a partir de -0,4 MPa.

PALAVRAS-CHAVES: BRS Anahí , clorofila, germinação, vigor,

PHYSIOLOGICAL CHANGES AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN GERGELY SESAME SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT: The sesame (*Sesamum indicum* L.) is a species that has been gaining prominence in the production due to its importance in the industry for baking, perfumes, medicines, paints and mainly due to the quantity of unsaturated fatty acids. Researches

indicate that the highest oil contents were obtained in sesame plants with low water availability, which makes it an excellent crop alternative for the different regions of the country. The objective of this work was to evaluate the physiological and photosynthetic performance of sesame seedlings, BRS Anahí cultivar, submitted to the effects of water stress. The seeds were seeded on paper roll substrate moistened with distilled water (control) and solutions of PEG 6000 (-0.2; -0.4; -0.6; -0.8 MPa) in the amount of 2.5-fold dry weight, using 4 replicates of 50 seeds at a temperature of 25 ° C. The water content, germination (%), germination speed index, seedlings dry mass and length, total soluble sugars, chlorophyll a, b, a / b, total and carotenoids were evaluated. As the water potential decreased, germination decreased, becoming zero at -0.8 MPa. There was a linear reduction decreasing for all the physiological variables with the decrease of the hydric powers of the substrate. For the chlorophyll a, b, total and carotenoid variables there were no significant statistical differences in the results of the potencies, control (0.0) and -0.2 MPa, differing only in the potential -0.4 MPa. The sesame seeds, cultivar BRS Anahí, are tolerant to water stress and drastically reduce the physiological quality of their seeds and photosynthetic pigments in potentials water simulated with polyethylene glycol from -0.4 MPa.

Key words: BRS Anahi , chlorophyll, germination, Vigour,

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta herbácea, oriunda da África, conhecida como uma das oleaginosas mais antigas (EMBRAPA, 2012), sendo suas sementes compostas por óleo (46% a 50%), e proteínas (20%), além de vários nutrientes, vitaminas e minerais (PATHAK et al., 2014).

A sua utilização na indústria se dá em função principalmente do alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, sendo suas sementes bastante utilizadas na panificação e ainda a extração de óleo para fabricação de perfumes, remédios, lubrificantes e tintas (BELTRÃO et al., 2010).

Diante da aceitação dessa cultura no mercado interno e internacional, o gergelim vem ganhando destaques na sua produção (YOUSEFZADEH; EHSANZADEH, 2017) e vários estudos tem sido conduzidos, para que sejam selecionados cultivares que se adequem as diversas regiões do Brasil.

O gergelim possui enormes chances de se adaptar às condições edafoclimáticas de clima tropical quente (BELTRÃO et al., 2010) e apresenta ainda características que são importantes para as regiões semiáridas do Nordeste, onde a escassez de água é comum (GRILO JÚNIOR; AZEVEDO, 2013). Há relatos enfocando a rusticidade dessa espécie e seu potencial de crescimento e desenvolvimento nesses ambientes. Silva et al. (2016) confirmaram que os maiores teores de óleo foram obtidos de sementes oriundas de plantas de gergelim cultivada com baixa disponibilidade hídrica, o que torna uma excelente alternativa para o cultivo em regiões com baixos índices pluviométricos.

A fim de estudar o estresse hídrico em laboratório, pesquisadores utilizam diversas substâncias para simular estas condições, um dos mais utilizados é o polietilenoglicol (PEG 6000), pois devido ao seu alto peso molecular e não ter capacidade de penetrar nas células (MARTINS et al., 2014), torna-se ideal, porque ao entrar em contato com as sementes não é absorvido evitando fitotoxicidade.

O déficit hídrico tem capacidade inicial de inibir ou retardar a germinação das sementes e consecutivamente o crescimento das plântulas (MUNNS, 2005). O comportamento das plantas ao estresse hídrico e seleção de genótipos resistentes e ou tolerantes ao estresse hídrico tem sido objeto de estudo nas diferentes culturas, por ser um

importante agente abiótico que diminui seriamente a produtividade das mesmas em regiões áridas e semi-áridas do mundo (YANG et al., 2010; LIPIEC et al., 2013).

A deficiência hídrica nas culturas é causada através da taxa de transpiração da água que excede a taxa de absorção, prejudicando dessa forma o balanço hídrico das plantas (COSTA et al., 2008). São várias alterações metabólicas relatadas, tais como: conversão do amido em carboidratos solúveis (AZEVEDO NETO, 2005), redução dos teores de pigmentos fotossintéticos por causa dos danos oxidativos (EGERT; TEVINI, 2002) e essas alterações tem como consequência uma modificação na quantidade de clorofila (CAIRES et al., 2010).

A redução de água durante o ciclo das culturas diminui a atividade enzimática da protoclórofila redutase, inibindo a conversão dos respectivos precursores em pigmentos fotossintéticos, sendo essa redução apontada como a principal razão da menor produção nas culturas (FIAZ et al., 2014).

A tolerância ao déficit hídrico nas diversas etapas do desenvolvimento das espécies vegetais, incluindo a germinação, pode ser um fator decisivo no seu estabelecimento e sobrevivência, dependendo em grande parte de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da semente e da planta (BARBEDO et al., 2011).

As análises dos pigmentos fotossintéticos, torna-se uma importante ferramenta e uma técnica precisa para avaliação da integridade dos aparatos internos da célula durante o processo de fotossíntese, bem como, a identificação de plantas tolerantes ao estresse hídrico (JABEEN et al., 2012).

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho fisiológico e fotossintético de plântulas de gergelim da cultivar BRS Anahí submetidas ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Local do Experimento

O experimento foi conduzido no laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Unidade Acadêmica de Garanhuns – Universidade Federal Rural de Pernambuco

(UFRPE) e as sementes utilizadas foram do cultivar BRS Anahí, cedidas pela EMBRAPA Algodão Campina Grande PB. Para avaliação do efeito do estresse hídrico sobre a fisiologia da germinação das sementes foram realizados os seguintes testes e determinações:

1.1 Teor de água

As sementes de gergelim foram distribuídas em recipientes metálicos cobrindo por completo sua parte inferior, em seguida, colocados na estufa à 105 ± 3 °C por 24 horas, utilizando 4 repetições. Após a secagem, foi feita a pesagem para a determinação do teor de água de acordo com Brasil (2009).

2. Estresse hídrico

O estresse hídrico foi simulado com o soluto polietilenoglicol (PEG 6000) cujas concentrações foram formuladas de acordo com as recomendações de Villela et al. (1991) para obtenção dos potenciais osmóticos. Os potenciais osmóticos utilizados foram: -0,2; -0,4; e -0,6, -0,8 MPa, além desses potenciais, o nível zero (0,0) foi utilizado apenas água destilada, como controle para umedecer o substrato.

2.1 Teste de Germinação

As sementes foram dispostas em caixas plásticas transparentes (gerbox) de 11 x 11 x 3 cm, contendo uma folha de papel mata borrão umedecidos na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco com as soluções de PEG 6000 e a água destilada para o tratamento controle. Após a semeadura os gerbox foram colocados no germinador do tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.), sob luz contínua e temperatura constante de 25 °C. Foi utilizando quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento e ao final do experimento, foram computadas o número de plântulas normais por repetição e os resultados expressos em porcentagem.

2.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, sendo realizada as contagens de plântulas normais diariamente no mesmo horário, desde o terceiro até o sexto dia após a semeadura.

Para obter o IVG utilizou a fórmula proposta por Maguire (1962), $IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$, sendo G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente e N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

2.3 Comprimento total de plântulas

Após o teste de germinação, foram feitas as medições de comprimento total de plântulas normais de cada tratamento com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Os resultados foram expressos em centímetro por plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

2.4 Massa seca total das plântulas

Após os comprimentos das plântulas, foram separadas cada repetição e acondicionadas em sacos de papel kraft previamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 48 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecadores contendo sílica gel ativada. Após o resfriamento, as mesmas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g e seus resultados expressos em gramas plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

3. Quantificação de Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação de clorofila a, b, a/b, total e carotenoides foi utilizada a metodologia proposta por Hendry e Grime (1993) em que os pigmentos fotossintéticos foram extraído a partir da solução de acetona (80%) de uma amostra de 50 mg e determinado quantitativamente por espectrometria de emissão a 480, 645 e 663 nm.

4. Açúcares Solúveis totais

A determinação dos açúcares solúveis foi feita pelo método Fenol-H₂SO₄ (DUBOIS et al., 1956). A reação consistiu na adição de 50 µL de extrato + 50 µL de fenol a 5% e 2,5 ml de ácido sulfúrico, em seguida foram agitados e deixados em repouso até o resfriamento. Sua quantificação foi dada através da leitura na absorbância de 490 nm usando o branco com água deionizada no lugar do extrato, e uma solução de glicose D (+) glicose anidra como padrão. Os extratos foram feitos em triplicata e os resultados foram expressos em mg g⁻¹ MS

5. Delineamento experimental e análise estatística

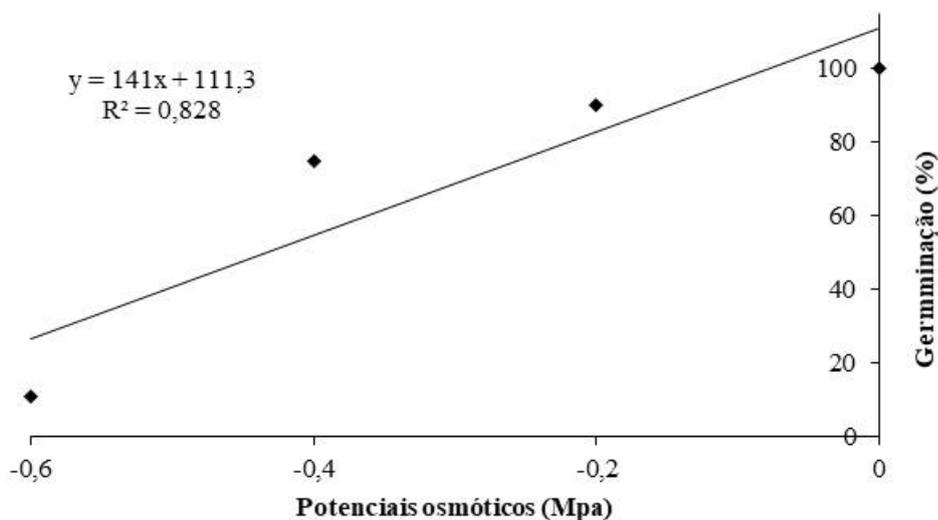
O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) e os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste “F”. As variáveis relacionadas à qualidade fisiológica (germinação, primeira contagem, IVG, comprimento total e massa seca de plântulas) foram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Considerando o coeficiente de determinação (R^2) igual ou superior a 0,50. Para as variáveis bioquímicas (pigmentos fotossintéticos e açúcares solúveis totais) foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos os testes foram realizados utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de gergelim da cultivar BRS Anahí encontrava-se com 5 % de teor de água, que é de vital importância para conservação, manejo e testes de qualidade de sementes. A atividade fisiológica da semente está diretamente relacionada com a sua umidade, podendo ter seu processo acelerado ou minimizado em função do teor de água que se encontra.

Na Figura 1, encontra-se os resultados de germinação das sementes de gergelim da cultivar BRS Anahí submetidas aos diferentes potenciais hídricos. Verifica-se que a germinação das sementes foi afetada negativamente pelos potenciais hídricos estudados. Na testemunha, obteve-se o maior percentual de germinação (100%) e a partir do potencial de -0,2 MPa houve uma redução para 90% sendo mais drásticas nos potenciais mais negativos, com inibição total da germinação no potencial de -0,8 MPa, indicando a sensibilidade das sementes ao estresse hídrico. Em sementes de gergelim da cultivar BRS Seda a germinação tornou-se nula a partir do potencial de -1,0 MPa (MEDEIROS et al., 2015). A resposta da germinação da espécie ao estresse hídrico depende de uma série de fatores, dentre eles, o genótipo. Como pode-se constatar que a cultivar BRS Seda é bem mais tolerante ao estresse hídrico de que a BRS Anahí.

Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de Gergelim da cultivar Anahí submetida ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

A baixa disponibilidade de água para a embebição das sementes pode atrasar ou impedir a germinação, havendo um nível mínimo de hidratação que a semente deve atingir para que os processos ocorram, o qual varia de acordo com as suas características (VERSLUES et al., 2006).

A água é essencial para o processo de germinação, entretanto, sob baixo potencial osmótico do solo, quando ocorre déficit hídrico, as sementes podem não germinar (BEWLEY et al., 2013). Outro fator que pode reduzir a porcentagem de germinação nas espécies é o oxigênio, pois em potenciais hídricos menores a baixa difusão de O_2 pode comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes impedindo a disponibilidade de oxigênio para a germinação.

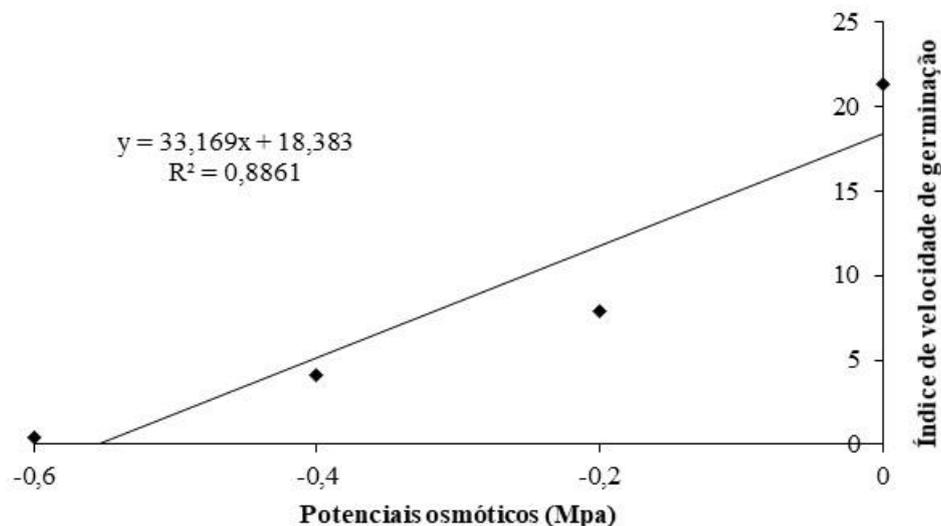
A tolerância ao déficit hídrico nas diversas etapas do desenvolvimento das espécies vegetais, incluindo a germinação, pode ser um fator decisivo no seu estabelecimento e sobrevivência e dependem em grande parte de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da semente e da planta (BARBERO et al., 2011).

Com relação ao índice de velocidade de germinação, houve uma redução linear decrescente à medida que as sementes de gergelim foram submetidas a restrição hídrica (Figura 2), sendo que a menor velocidade foi verificada no potencial -0,6 MPa. Peske e

Delouche (1985) afirmam que a velocidade com que as sementes germinam após a semeadura é de grande importância para o estabelecimento das plântulas no campo e o retardamento na emergência da plântula pode expor as sementes a condições desfavoráveis do ambiente.

A restrição hídrica reduz a velocidade de germinação e a porcentagem de germinação nos potenciais osmóticos mais negativos, por reduzir a velocidade de processos bioquímicos, atrasando e inibindo a germinação. (PEREIRA et al., 2012). Com o estresse hídrico, a velocidade de absorção de água pelas sementes também diminui, aumentando o tempo necessário para estas atingirem o teor de água mínimo necessário para iniciar a germinação (BELLO et al., 2008), ainda intervém no alongamento celular e na síntese de parede, e desta forma atrasa todo o processo germinativo.

Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de Gergelim da cultivar Anahí submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.

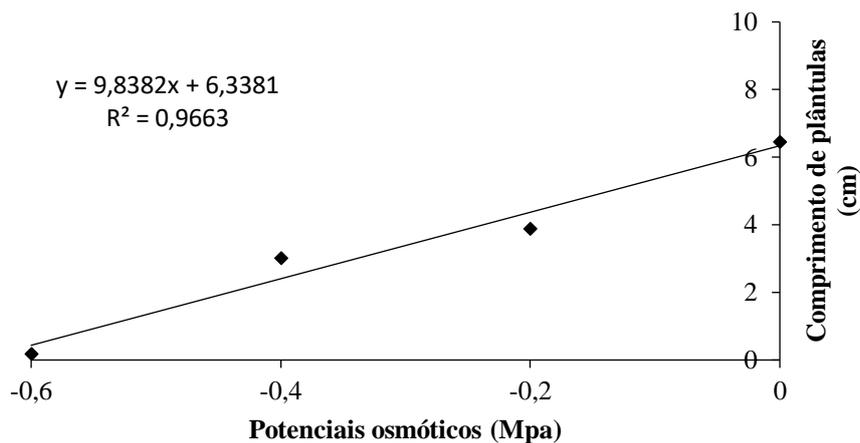


Fonte: Rodrigues (2019)

Os dados referentes ao vigor, determinado pela mensuração do comprimento de plântulas de gergelim da cultivar BRS Anahí, encontram-se na Figuras 3. O comprimento das plântulas foi influenciado significativamente pelos diferentes potenciais hídricos empregados, se adequando ao modelo linear decrescente. O máximo comprimento das plântulas de gergelim foi encontrado na testemunha (0,0 MPa) alcançando 6,5 cm, e o menor, com uma redução drástica do comprimento no potencial de -0,6 MPa, com 0,18

cm. Lopes et al. (2015) enfatizam que o crescimento celular parece ser o processo fisiológico mais sensível ao déficit hídrico, pois decréscimo no potencial interno de -0,1 MPa resulta numa perceptível diminuição no alongamento celular, seguida por decréscimo na síntese da parede celular.

Figura 3. Comprimento total de plântulas de Gergelim da cultivar Anahí oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Analisando os resultados fisiológicos das plântulas de gergelim, verifica-se que o estresse hídrico inibiu ou atrasou a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (Figuras, 1, 2 e 3), assim altas concentrações de PEG baixa o potencial osmótico impedindo a absorção de água (GIROTTO et al., 2012). A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a redução da turgescência celular, que leva à diminuição do crescimento, uma vez que a divisão, alongamento e diferenciação celular são afetados por déficit hídrico (LARCHER, 2000).

O comportamento das plântulas de gergelim ao estresse hídrico estão de acordo com Taiz e Zeiger (2013), quando afirmaram que o estresse hídrico além de afetar a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes provocam redução no crescimento das plântulas, causada pela diminuição da expansão celular.

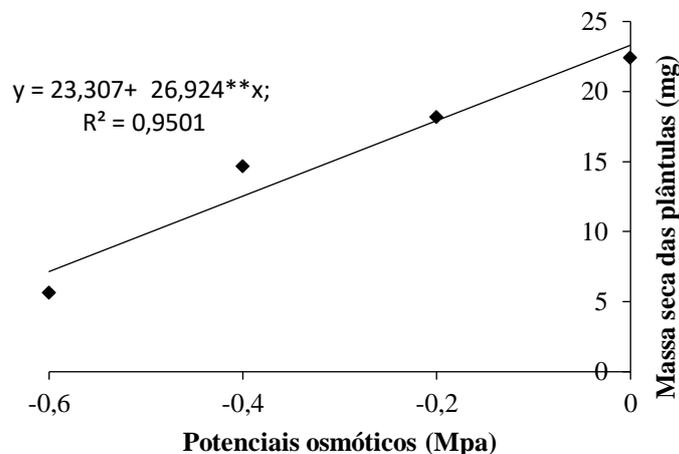
Lopes et al. (2015) asseguram que o déficit hídrico afeta praticamente de uma forma multifacetada o crescimento e o desenvolvimento da planta, modificando sua anatomia, morfologia, bioquímica e fisiologia e como a água é fator limitante na agricultura e sua escassez inviabiliza o cultivo em certas áreas, reduzindo a produtividade culturas. A partir do momento que falta água no solo e o potencial hídrico foliar começa

a decrescer, ficando mais negativo, a planta pode entrar no estado de estresse hídrico. A medida que o estresse hídrico aumenta, tanto a taxa de crescimento como o potencial de água nos tecidos diminuem (CREELMAN et al., 1990). Isso causa uma diminuição no alongamento e divisão celular, afetando de forma mais incisiva o processo de alongamento (JALEEL et al., 2009).

A redução no comprimento de plântulas se deve as mudanças na turgescência celular em função da diminuição da síntese de proteínas em condições de déficit hídrico segundo Dell'Aquila (1992). Abati et al. (2014) realizando trabalhos com qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com biorreguladores em condições de estresse hídrico observou que houve uma redução no desenvolvimento total de plântulas de parte aérea e raiz a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa, prejudicando assim o comprimento das plântulas.

Para a massa seca das plântulas de gergelim (Figura 4) os dados se adequaram ao modelo linear, com redução à medida que diminuiu o potencial hídrico do substrato. Na testemunha (0,0) encontrou-se a maior massa seca das plântulas (22 mg) e no potencial -0,2 MPa com 18 mg, seguidos de 5 mg no potencial de -0,6 MPa. Quando os potenciais osmóticos se tornam negativos, consecutivamente ocorre essa redução da massa seca das plântulas, em virtude de ocasionar uma menor velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas das sementes. (BEWLEY et al., 2013).

Figura 4. Massa seca total de plântulas de Gergelim da cultivar Anahí oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

No que se refere aos açúcares solúveis totais (Figura 5) observa-se os resultados até o potencial de -0,4 MPa, e a partir deste, a quantidade de plântulas germinadas foi baixa ou inexistente, não sendo possível a quantificação para confecção dos gráficos. De acordo com Koocheki et al. (2016) as alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares ocorrem devido aos diferentes estresses, acarretando vários distúrbios fisiológicos como a diminuição da atividade fotossintética das plantas.

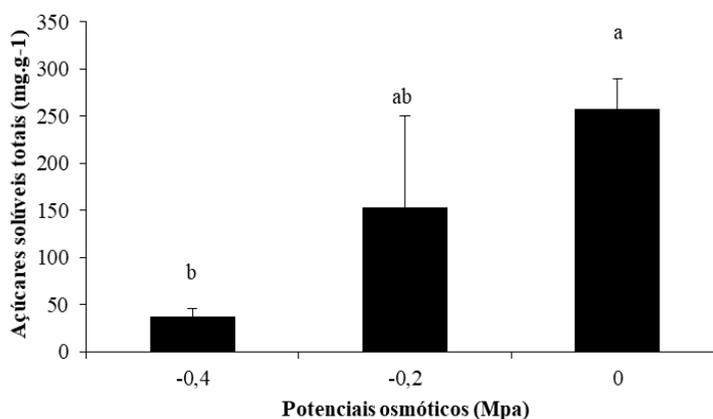
De acordo com a Figura 5, observou-se que os maiores conteúdos de açúcares solúveis totais foram encontrados nas plântulas da testemunha, entretanto, não diferiram daquelas que estavam no potencial de -0,2 MPa. As sementes de gergelim que foram submetidas ao potencial de -0,4 MPa originaram plântulas com menor conteúdo de açúcares totais, entretanto, não diferiu estatisticamente daquelas do potencial de -0,2 MPa.

O acúmulo de açúcar em condições de estresse hídrico ajuda a manter a estabilidade da membrana e proteína (LIPIEC et al., 2013). Esse acúmulo em resposta ao déficit hídrico varia de acordo com as espécies de plantas e genótipos (PINHERO et al., 1997).

Kadkhodaie et al. (2014) observaram que os genótipos de gergelim tolerantes acumularam mais carboidratos em suas folhas nas condições de estresse do que nas cultivares sensíveis. Dessa forma, o aumento no conteúdo desses solutos compatíveis durante a indução de estresse é um mecanismo adaptativo no gergelim.

Os açúcares solúveis tendem a se acumular nas sementes em potenciais hídricos mais baixos, como forma destas tentarem se ajustar ao potencial osmótico, protegendo-as indiretamente contra a desestabilização de proteínas (REIS et al., 2012).

Figura 5. Valores médios dos teores de açúcares solúveis totais em plântulas de gergelim submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns - PE, 2019.



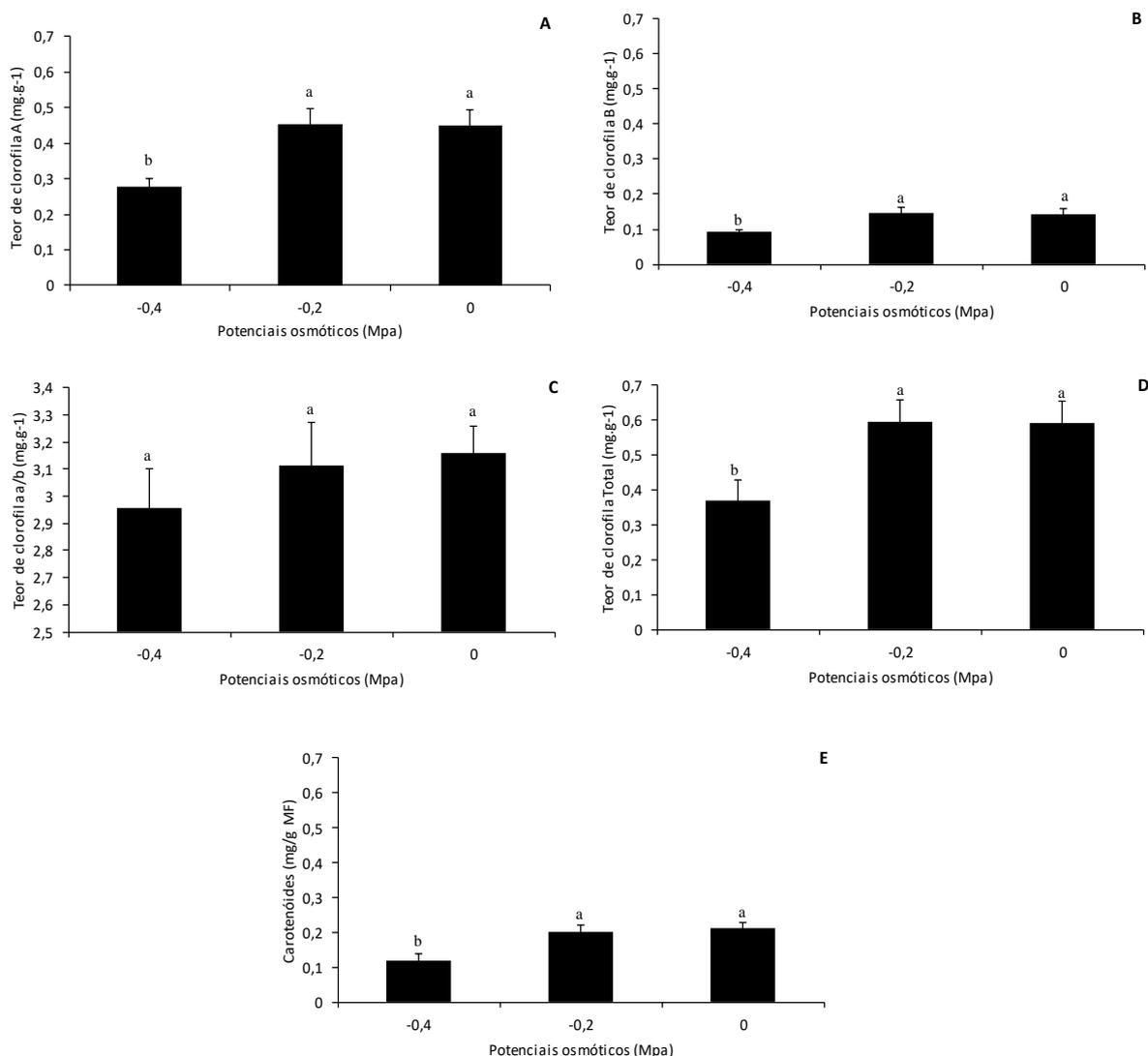
Fonte: Rodrigues (2019)

Na Figura 6, ao observar as variáveis teor de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), relação *a/b* (C), clorofila total (D) e carotenóide (E) observou-se que não houve diferenças estatísticas significativas nos resultados dos potenciais, testemunha (0,0) e -0,2 MPa, diferindo apenas no potencial -0,4 MPa. Esses resultados dos pigmentos fotossintéticos sugerem o que já foi observado em outras culturas, que a redução do potencial hídrico, ocorre uma redução desses pigmentos, conforme verificados por (SHAH et al., 2017).

Na cultura do gergelim, cultivar BRS Anahí, a redução dos pigmentos ocorre a partir do potencial -0,2 MPa. A clorofila é um dos principais fatores envolvidos na eficiência fotossintética das plantas, crescimento e a forma de adaptação aos diferentes ambientes nas mais diversas condições causadas pelos tipos de estresse (AMARANTE et al., 2007). As respostas diferentes das sementes de gergelim a tolerância à seca podem ser atribuídas à capacidade das plantas de acumular metabólitos sob condições de seca, e esses metabólitos podem ser uma ferramenta útil para descrever a tolerância ao déficit hídrico de genótipos (KADKHODAIE et al., 2014).

A perda de pigmentos e a redução na capacidade fotossintética estão diretamente relacionadas a deficiências hídricas na planta e essa alteração tem como consequência uma modificação na quantidade de clorofila (CAIRES et al., 2010) e está relacionada ao qual nível de déficit hídrico em que a planta está exposta. A clorofila *b* auxilia a absorção de luz, incluída como um pigmento acessório é um composto bioquímico que está presente nos cloroplastos, sendo também associada diretamente com a produção da clorofila *a* (STREIT et al., 2005).

Figura 6. Teor de clorofila *a* (A), teor clorofila *b* (B), teor de clorofila *a/b* (C), teor de clorofila total (D) e carotenoides (E) de plântulas de Gergelim submetidas ao estresse hídrico. Garanhuns PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

A possível explicação para esse fato é que durante o déficit hídrico as clorofilas ficam susceptíveis a agentes de degradação e a redução das mesmas pode ser também uma estratégia da planta para proteger os cloroplastos, pois ocorre uma mudança na organização dos fotossistemas, conforme já foram observados e confirmados por outros autores (ELVIRA et al., 1998; ANJUM et al., 2003).

Não houve diferenças na relação do teor de clorofila *a/b* das plântulas de gergelim da cultivar BRS Anahí quando as sementes foram submetidas aos potenciais hídrico de 0,0, -0,2 e -0,4 MPa (Figura 6 C). Thisen et al. (2017) afirmaram que a atividade

fotoquímica das folhas é a razão entre clorofila a e clorofila b (a / b) e que a mudança de sua razão nas folhas são características importantes da condição fisiológica das plantas e orientação das respostas adaptativas quando expostas a condições estressantes.

Dessa forma, pode-se inferir que as sementes de gergelim da cultivar BRS Anahí são bem sensíveis ao estresse hídrico, entretanto, no potencial de -0,4 MPa tentou reparar os danos sofridos pelo estresse, pois verifica-se que não houve diferenças significativas na razão clorofila a/b nesse potencial e a testemunha. De acordo com a literatura, os carotenóides também realizam uma função fotoprotetora nas reações de defesa do organismo vegetal, portanto, para que os ocorra esse aumento em condições adversas é necessário promover respostas adaptativas e reduzir o estresse global da planta, o que não foi objetivo do referido estudo.

CONCLUSÃO

As sementes de gergelim, cultivar BRS Anahí é tolerante ao estresse hídrico e reduzem a qualidade fisiológica das sementes e dos pigmentos fotossintéticos em potenciais hídricos simulado com polietilenoglicol (PEG 6000) a partir de -0,4 MPa.

CAPÍTULO 3

ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE GERGELIM E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

RESUMO: A cultura do gergelim no Brasil vem se destacando em virtude de sua utilização para fins alimentícios e industriais, gerando renda e fonte de alimento para os pequenos produtores do Nordeste. Entretanto, a salinidade do solo nessa região se constitui um dos principais problemas abióticos que afetam negativamente a produtividade das culturas. Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do estresse salino, simulado com NaCl, sobre a qualidade fisiológica de sementes e mudanças fotossintéticas em plântulas de gergelim, cultivar Anahí. As sementes foram semeadas em caixas do tipo gerbox, contendo uma folha de mata borrão umedecidas com água destilada (testemunha) e em quatro níveis de salinidade: -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; Mpa, utilizando 4 repetições de 25 sementes sob temperatura de 25 °C. Foram avaliados: Germinação (%), índice de velocidade de germinação, comprimentos e massa seca de plântulas, açúcares solúveis totais, clorofila a, b, a/b, total e carotenoides. Houve redução da qualidade fisiológica das sementes com o aumento dos níveis de salinidade. A maior porcentagem de germinação foi encontrada nas sementes da testemunha (99%), sendo reduzida para 26% em -0,4MPa. Até o potencial de -0,2MPa não houve diferenças estatísticas no conteúdo da clorofila a, b; a/b, clorofila total e carotenoides. A germinação, vigor, os teores de clorofilas, carotenoides, açúcares solúveis totais reduzem acentuadamente a partir do potencial -0,3MPa. As sementes de gergelim, cultivar Anahí possuem baixa tolerância ao estresse salino simulado com NaCl.

Palavra chave: clorofila; fotossíntese; germinação; salinidade; *Sesamum indicum* L.;

SALT STRESS IN SESAME SEEDS AND ITS EFFECTS ON PHYSIOLOGICAL QUALITY AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS

ABSTRACT: The sesame crop in Brazil has been outstanding due to its use for food and industrial purposes, generating income and food source for small producers in the Northeast. However, soil salinity in this region is one of the main abiotic problems that negatively affect crop productivity. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effects of saline stress simulated with NaCl on the physiological quality of seeds and photosynthetic changes in sesame seedlings, cultivar Anahí. The seeds were sown in gerbox boxes, containing a leaf of blotter moistened with distilled water (control) and in four salinity levels: -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; Mpa using 4 replicates of 25 seeds at 25 ° C. Germination (%), germination speed index, seedling length and dry mass, total soluble sugars, chlorophyll a, b, a / b, total and carotenoids were evaluated. The physiological quality of the seeds decreased with the increase of salinity levels. The

highest germination percentage was found in the control seeds (99%), being reduced to 26% by -0.4MPa. Up to the potential of -0.2MPa there were no statistical differences in chlorophyll content a, b; a / b, total chlorophyll and carotenoids. Germination, vigor, chlorophyll, carotenoid, total soluble sugar contents are reduced significantly from the potential -0.3MPa. Sesame seeds cultivar Anahí have low tolerance to simulated saline stress with NaCl.

Key words: chlorophyll; photosynthesis; germination; salinity; *Sesamum indicum* L.

Introdução

A cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) é umas das oleaginosas mais antigas, possuindo uma capacidade de adaptação nas diferentes condições existentes, e por ser plantada em muitos países, se torna a oleaginosa mais cultivada do mundo (ARAÚJO et al., 2014). No Brasil, vem se destacando em virtude de sua utilização para fins, tanto alimentícios como industriais, além disso, possui um destaque econômico e social para o Nordeste Brasileiro gerando renda e fonte de alimento para os pequenos produtores (QUEIROGA et al., 2008).

Dada a importância do gergelim, deve-se ter atenção ao manejo do solo e da água durante o estabelecimento da cultura, uma vez que tais fatores podem interferir na germinação e vigor de sementes. A ocorrência de solos salinos e salino-sódicos bastante evidente nas regiões áridas e semiáridas devido à baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação (RUIZ et al., 2006). Para determinação da tolerância das plantas ao estresse salino, um dos métodos mais difundidos é a observação da capacidade germinativa das sementes expostas a essas condições (LARCHER, 2000).

A salinidade dos solos tem a capacidade de causar diversos distúrbios no balanço hídrico da planta, o que dificulta a absorção da água e dos nutrientes para os vegetais (DIAS, BLANCO, 2010) e em casos extremos pode levar a morte (SOBHANIAN et al., 2011). A ação dos sais nas sementes varia amplamente nas espécies, e na germinação, o seu efeito é principalmente osmótico, entretanto, pode exercer efeitos tóxicos por causar danos antes e/ou após o início da germinação (GORDIN et al., 2012).

A quantificação de clorofila a, b e total, torna-se uma ferramenta importante para compreender a atividade fotossintética das plantas, quando estas se encontram em diferentes condições no ambiente de produção (THIESEN et al., 2017). Entretanto, em condições do estresse salino as plântulas fecham seus estômatos para reduzir a transpiração e dessa forma, reduz a taxa fotossintética (FLOWERS, 2004).

Os carotenoides também são pigmentos acessórios que, além de estarem associados às moléculas de clorofila e contribuir para promoção da coloração dos tecidos vegetais, desempenham papel essencial na fotoproteção, evitando danos ocasionados pelo excesso de radiação solar, que promovem excitação das moléculas de clorofila (TAIZ et al., 2017).

Os mecanismos de controle genético da tolerância ao sal nas plantas ainda não foram totalmente compreendidos devido à sua complexidade. Na verdade, existem vários

genes que controlam a tolerância à salinidade nas diferentes espécies cujo efeito interage fortemente com as condições ambientais e essa variação genética só pode ser demonstrada indiretamente, medindo as respostas de diferentes genótipos (CARILLO et al., 2011).

As plantas possuem diferentes níveis de tolerância ao estresse salino, desta forma, a seleção de espécies ou cultivares adaptáveis a tais condições, pode ser uma estratégia promissora para ajudar a melhorar a produção de alimentos em diferentes regiões, em especial no Nordeste Brasileiro. Diante do exposto o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do estresse salino, simulado com NaCl, sobre a qualidade fisiológica de sementes e mudanças fotossintéticas em plântulas de gergelim, cultivar Anahí.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Universidade Acadêmica de Garanhuns. As sementes de gergelim utilizadas - cultivar Anahí - foram provenientes da EMBRAPA Algodão - Campina Grande PB.

1. Estresse Salino

O estresse salino foi simulado com o cloreto de sódio (NaCl), sendo utilizados quatro níveis de salinidade: -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; Mpa e o controle em que foi usada apenas em água destilada, 0,0 (testemunha).

2. Avaliação Fisiológica das sementes

2.1 Teor de água

As sementes de gergelim foram distribuídas em recipientes metálicos cobrindo por completo sua parte inferior, em seguida, colocados na estufa à 105 ± 3 °C por 24 horas, utilizando 4 repetições. Após a secagem, foi feita a pesagem para a determinação do teor de água de acordo com Brasil (2009).

2.2 Teste de Germinação

As sementes foram dispostas em caixas plásticas transparentes (gerbox) de 11 x 11 x 3 cm, contendo uma folha de papel mata borrão umedecidos na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco com os níveis de salinidade e a água destilada para o tratamento controle. Após a semeadura os gerbox foram colocados no germinador do tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.), sob luz contínua e temperatura constante de 25 °C. Foi utilizando quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento e ao final do experimento, foram computadas o número de plântulas normais por repetição e os resultados expressos em porcentagem.

2.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, sendo realizada as contagens de plântulas normais diariamente no mesmo horário, desde o terceiro até o sexto dia após a semeadura.

Para obter o IVG utilizou a fórmula proposta por Maguire (1962), $IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$, sendo G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente e N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

2.4 Comprimento total de plântulas

Após o teste de germinação, foram feitas as medições de comprimento total de plântulas normais de cada tratamento com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Os resultados foram expressos em centímetro por plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

2.5 Massa seca total das plântulas

Após os comprimentos das plântulas, foram separadas cada repetição e acondicionadas em sacos de papel kraft previamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 48 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecadores contendo sílica gel ativada. Após o

resfriamento, as mesmas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g e seus resultados expressos em gramas plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

3.Quantificação de Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação de clorofila a, b, a/b, total e carotenóides foi utilizada a metodologia proposta por Hendry e Grime (1993) em que os pigmentos fotossintéticos foram extraído a partir da solução de acetona (80%) de uma amostra de 50 mg e determinado quantitativamente por espectrometria de emissão a 480, 645, 663 e 710 nm.

4.Açúcares Solúveis totais

A determinação dos açúcares solúveis foi feita pelo método Fenol-H₂SO₄ (DUBOIS et al., 1956). A reação consistiu na adição de 50 µL de extrato + 50 µL de fenol a 5% e 2,5 ml de ácido sulfúrico, em seguida foram agitados e deixados em repouso até o resfriamento. Sua quantificação foi dada através da leitura na absorbância de 490 nm usando o branco com água deionizada no lugar do extrato, e uma solução de glicose D (+) glicose anidra como padrão. Os extratos foram feitos em triplicata e os resultados foram expressos em mg g⁻¹ MS.

5.Delineamento experimental e análises estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) e os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste “F”. As variáveis relacionadas à qualidade fisiológica (germinação, primeira contagem, IVG, comprimento total e massa seca de plântulas) foram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Considerando o coeficiente de determinação (R²) igual ou superior a 0,50. Para as variáveis bioquímicas (pigmentos fotossintéticos e açúcares solúveis totais) foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos os testes foram realizados utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

Resultados e Discussão

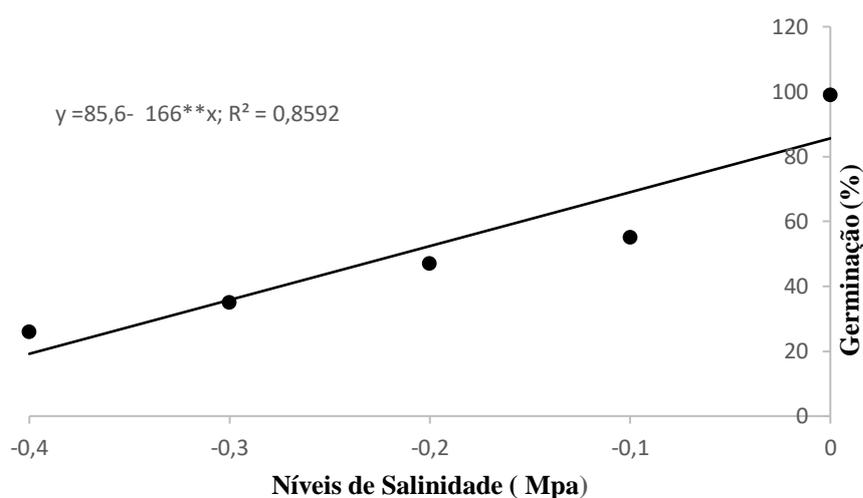
Os resultados da germinação de sementes de gergelim, cultivar Anahí submetidas ao estresse hídrico, simulado com NaCl, se ajustaram ao modelo de regressão linear decrescente (Figura 1). A maior porcentagem de germinação foi encontrada nas sementes

da testemunha (99%), sendo reduzida com o aumento das concentrações salinas, atingido 26% em -0,4MPa.

A água absorvida no início da germinação promove a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário (CARVALHO, NAKAGAWA, 2012).

Os resultados verificados, devem-se provavelmente, a baixa eficiência de absorção de água pela semente submetida à níveis de salinidade, uma vez que a inibição da germinação ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à “seca fisiológica” produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma (TOBE, OMASA, 2000), estes efeitos podem prejudicar mobilização de reservas na semente e as características estruturais de organização e síntese de proteínas são restritas em embriões em germinação (RAMAGOPAL, 2006). Em plântulas de gergelim submetidas ao estresse salino, constatou-se que as cultivares BRS G4 são sensíveis aos efeitos da salinidade durante a produção de suas sementes (DIAS et al., 2017). Em sementes de girassol (*Helianthus annuus*) cv. BRS 122-V2000, Souza et al. (2012) verificaram sensibilidade ao estresse salino na fase inicial de germinação.

Figura1. Porcentagem de germinação de sementes de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.



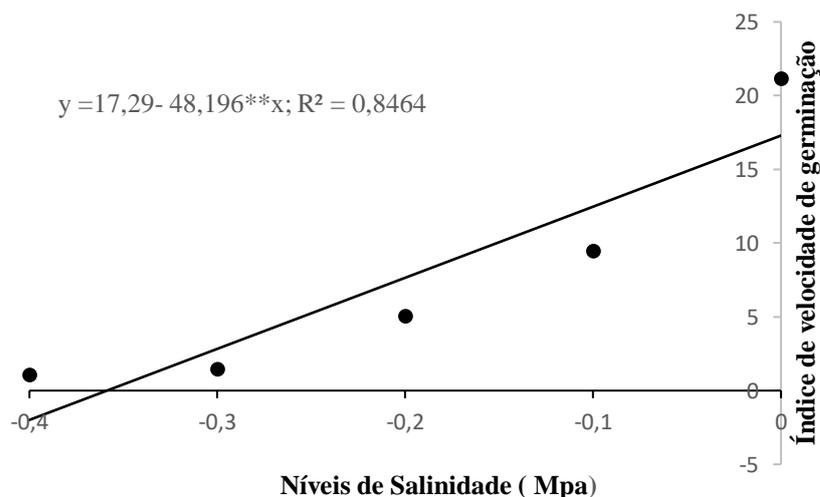
Fonte: Rodrigues (2019)

Em mamona (*Ricinus communis* L.), a salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹ afetou linear e negativamente a percentagem de emergência das plântulas (NOBRE et al., 2013). Em algodão (*Gossypium hirsutum* L.) também verificou-se efeito linear decrescente quando as sementes foram submetidas a níveis de salinidade (PEDRO et al., 2016). Lima et al., (2004) afirmaram que o alto teor de sais, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação devido a diminuição do potencial osmótico, ocasionando prejuízos as demais fases do processo de desenvolvimento da cultura.

Assim como para a porcentagem de germinação, foram verificados decréscimos para o índice de velocidade de germinação (Figura 2) com aumento dos níveis de salinidade. O maior valor de IVG obtido foi na testemunha (0,0) e nos demais ocorreu um decréscimo linear, possivelmente, com o aumento do potencial osmótico, os processos metabólicos da germinação foram afetados.

Em estudo com cultivares de gergelim, Nóbrega et al. (2018) constataram um efeito linear decrescente na germinação e índice de velocidade de germinação com o aumento da salinidade. As espécies quando submetidas ao estresse salino podem apresentar retardos no processo germinativo (KOCHAK-ZADEH et al. (2013) devido a disponibilidade de água existente nos potenciais ou efeito tóxico do sal.

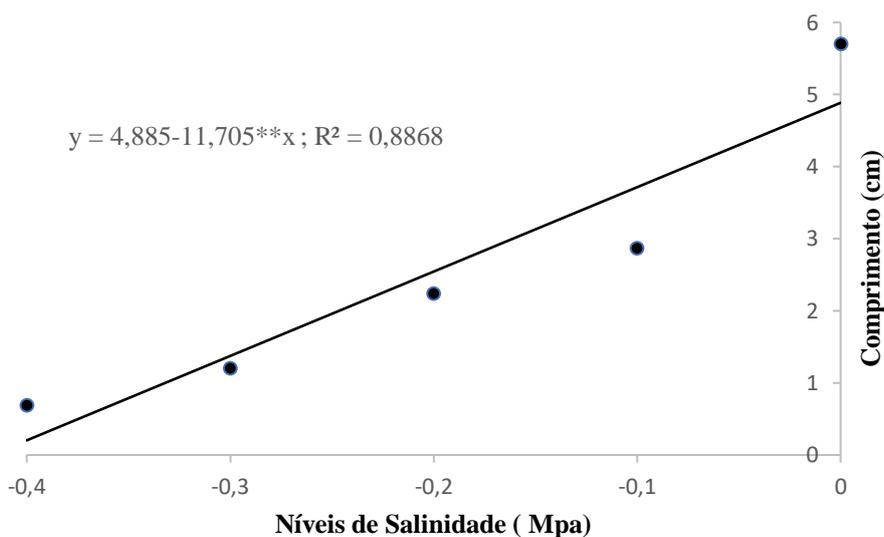
Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

O crescimento das plântulas também se mostrou sensível aos efeitos da salinidade. O comprimento de plântulas (Figura 3) sofreu efeitos negativos, verificando-se diminuição gradativa a medida que a salinidade aumentou. No potencial 0,0, o comprimento de plântulas foi de 5,0 cm, chegando 0,69 cm no potencial de -0,4MPa. O crescimento das plântulas é bastante afetado devido ao efeito osmótico que acarreta em modificações a nível celular prejudicando assim seu crescimento (TAIZ et al., 2017).

Figura 3. Comprimento total de plântulas de Gergelim oriundas de sementes submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.

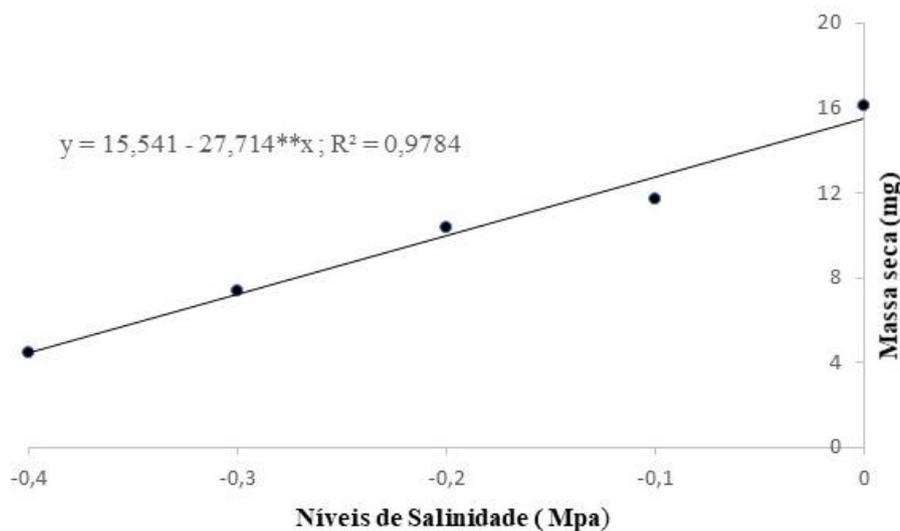


Fonte: Rodrigues (2019)

Para a massa seca de plântulas também foram constatados prejuízos decorrentes da salinidade (Figura 4). Semelhante às demais variáveis, verificou-se redução gradativa da massa seca de plântulas, acentuando-se com o aumento da salinidade, reduzindo de 16 mg para 4 mg em -0,4MPa. Estes resultados podem está ligados à diminuição da translocação de reservas das sementes para as plântulas, conforme o estresse salino foi se acentuando.

Resultados semelhantes foram relatados por Santos et al. (2012) em sementes de amendoim (*Arachis hypogae* L.), em que foi verificado uma redução significativa da massa seca total quando as plântulas foram submetidas ao estresse salino.

Figura 4. Massa seca total de plântulas de Gergelim oriundas de sementes submetidas ao estresse salino. Garanhuns - PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

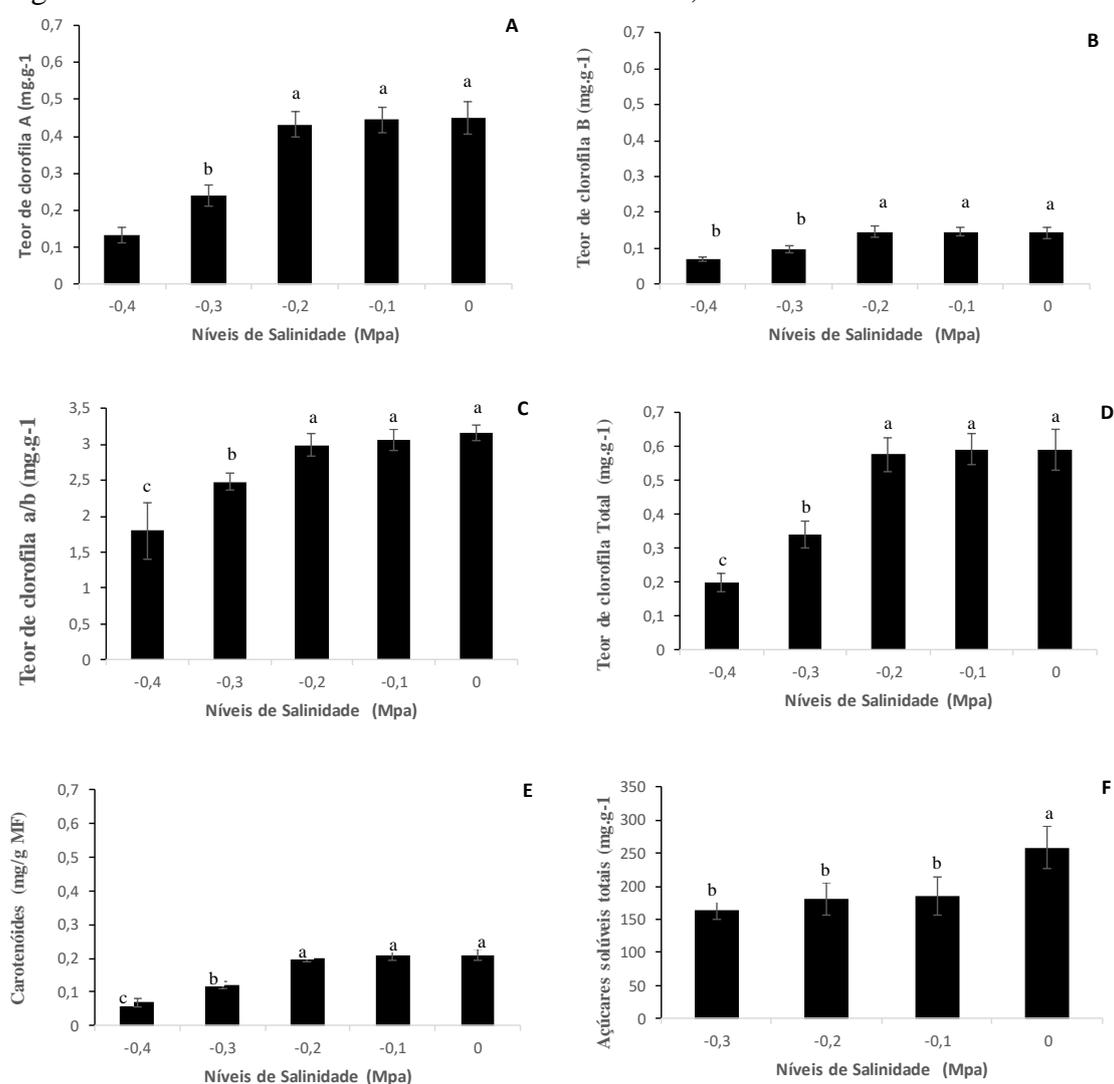
Na Figura 5 encontram-se os dados dos teores de clorofila *a* (Figura 5A), clorofila *b* (Figura 5B), clorofila *a/b* (Figura 5C), clorofila total (Figura 5D), carotenoides (Figura 5 E) e açúcares solúveis totais (Figura 5 F). Até o potencial -0,2 não houve diferenças estatísticas nos conteúdos dos pigmentos fotossintéticos (Figura 5 A, B, C, D), ou seja, não houve prejuízo na formação das clorofilas até esse potencial. Pode-se inferir que as plântulas da cultivar Anahí possuem tolerância até o nível de -0,2Mpa, a partir daí foram encontradas diferenças significativas.

O aumento nos teores de clorofila pode indicar uma tentativa de compensação do processo fotossintético a danos causados pela salinidade e sua redução indica uma desaceleração na atividade fotossintética visando minimizar os efeitos tóxicos da salinidade (FLOWERS, FLOWERS, 2005).

Os menores valores nos teores de clorofila *a* clorofila *b*, clorofila *a/b*, clorofila total e carotenoides (Figura 5 A, B, C, D e E, respectivamente), foram encontrados no potencial de -0,4MPa, diferindo significativamente dos resultados encontrados nos demais níveis de salinidade. A exceção apenas, para os resultados de clorofila *b* que não diferiram no potencial -0,3Mpa. Provavelmente, o decréscimo nos teores de clorofila nos potenciais de salinidade testados pode ser enquadrado como um típico indício de estresse oxidativo, como resultado de foto-oxidação dos pigmentos, associados à própria degradação das moléculas de clorofila (CARLIN et al., 2012).

Diferenças nos teores de clorofila e de carotenóide são comuns em plantas expostas aos estresses ambientais, tendo em vista que essas condições adversas geram mudanças nos mecanismos fisiológicos, entre outras consequências, à diminuição dos teores dos pigmentos, que são associados aos processos fotossintéticos nos vegetais (CUZZOL, CLIPEL 2009). Mediante essas características é possível identificar, se determinada espécie vegetal possui tolerância e/ou capacidade de desenvolvimento em condições adversas, por meio da indução de mecanismos bioquímicos.

Figura 5. Teor de clorofila *a* (A), teor clorofila *b* (B), teor de clorofila *a/b* (C), teor de clorofila total (D) e carotenóides (E), Açúcares solúveis totais (F) de plântulas de Gergelim submetidas ao estresse salino. Garanhuns PE, 2019.



Fonte: Rodrigues (2019)

Com relação aos resultados do conteúdo de açúcares solúveis totais em plântulas cultivar Anahí (Figura 5 F), constatou-se que o maior valor ocorreu no potencial de 0,0

(controle) Entretanto, pode-se verificar que apesar de ter ocorrido uma diminuição no teor de açúcares solúveis, não houve diferença significativa a partir do potencial $-0,1\text{MPa}$ até o $-0,3\text{MPa}$. Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas et al. (2019) em que observaram também que houve degradação dos açúcares totais e acúmulo de açúcares redutores e proteínas em sementes de (*Cucurbita moschata* L.) submetidas a soluções salinas.

A redução no teor de açúcares pode retardar a mobilização dos lipídeos nos cotilédones e induzir o acúmulo de açúcares solúveis nos cotilédones e hipocótilo, dessa forma, presume-se que a salinidade diminui a utilização dos açúcares solúveis no eixo em crescimento, limitando a mobilização dos lipídios nos cotilédones (ASHRAF et al., 2003).

Os açúcares solúveis totais contribuem em quase 50% na regulação osmótica quando as plantas estão sob estresse salino, atuam não apenas como osmo-protetores, mas também como esqueletos de armazenamento de carbono e sequestradores eficientes de alguns radicais livres (ASHRAF, HARRIS 2004). Em cultivares tolerantes, o estresse salino pode aumentar o teor de açúcar, a fim de diminuir a potencial osmótico intracelular e manter a estabilidade de algumas das macromoléculas, reduzindo a perda de atividade enzimática ou membrana integridade (DKHIL; DENDEN, 2010).

O cultivo do gergelim pode ser limitado devido à presença de sais, como o NaCl, causando estresse salino, e conseqüentemente prejuízos ao estabelecimento da cultura. Por isso é necessário sempre associar as exigências e limitações da planta às características do solo e à região de cultivo. Em regiões com solos salinizados, como o Nordeste, deve-se ter especial atenção as condições de manejo de água e solo, para que não ocorram perdas significativas na produção.

CONCLUSÃO

O potencial fisiológico de sementes de gergelim, cultivar Anahí são afetados com o decréscimo dos potenciais osmóticos do substrato;

A germinação, vigor e os teores de clorofilas, carotenoides, açúcares solúveis totais reduzem acentuadamente a partir do potencial $-0,2\text{MPa}$;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A.N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v.13, p.7-59, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141999000200002>

ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ALVES, V. F.N.; GARCIA, V. V. Qualidade fisiológica de sementes de trigo tratadas com biorregulador em condições de restrição hídrica. **Informativo ABRATES**, v. 24, n. 1, p. 32-36, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1021757>

ABBASDOKHT, H., ASHRAFI, E.; TAHERI, S. Effects of different salt levels on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum L.*) cultivars. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 10, p. 309-313, 2012. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133150898>

ACHOURI, A.; NAIL, V.; BOYE, J. I. Sesame protein isolate: Fractionation, secondary structure and functional properties. **Food Research International**, v. 46, n. 1, p. 360-369, Apr. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.01.001>

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M.; ALMEIDA, I.F.; CLEMENTE, A.C.S. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira preta (*Bowdichia virgilioides KUNTH.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n.1, p. 12-19, 2009. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Artigos/sucupira.pdf

ALMEIDA, F. A. C.; JERÔNIMO, E. S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P. SILVA, A. S. Estudo de técnica para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campinas Grande, v. 12, n. 2, p.189-202, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Josivanda_Gomes3/publication/277926143_ESTUDO_DE_TECNICAS_PARA_O_ARMAZENAMENTO_DE_CINCO_OLEAGINOSAS_EM_CONDICOES_AMBIENTAIS_E_CRIOGENICAS/links/59f785ef458515547c24c9e0/ESTUDO-DE-TECNICAS-PARA-O-ARMAZENAMENTO-DE-CINCO-OLEAGINOSAS-EM-CONDICOES-AMBIENTAIS-E-CRIOGENICAS.pdf

ALSHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1331-1341, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1331>

AMARANTE, L., DOS SANTOS COLARES, D., OLIVEIRA, M. L., ZENZEN, I. L., BADINELLI, P. G., E BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 906-908, 2007. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/744/623>

AMOOAGHAIE, R.; ENTESHARI, S. Role of two-sided crosstalk between NO and H₂S on improvement of mineral homeostasis and antioxidative defense in *Sesamum indicum* under lead stress. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 139, p. 210-218, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.01.037>

ANDRADE, W. L. D. Germinação e parâmetros bioquímicos em plântulas de gergelim submetidas a estresse hídrico e a tratamento com ácido salicílico. 2016. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/9016>

ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: Edição do autor. 272 p. 2002. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/001269531>

ANJUM, F.; YASEEN, M.; RASOOL, E.; WAHID, A.; ANJUM, S. Water stress in Barley (*Hordeum vulgare* L.) I. Effect on morphological characters. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**. v. 40, n. 1-2, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad_Yaseen5/publication/268291506_Water_stress_in_barley_Hordeum_vulgare_L_I_Effect_on_morphological_characters/links/5566824008aefcb861d19b87.pdf

ANTAS, B. F.; MATIAS, J. R.; LOPES, C. A. Physiological changes in seeds and seedlings of pumpkins submitted to salt stress. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 763-774, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1109869>

ANTONIASSI, R.; ARRIEL, N. H. C.; GONÇALVES, E. B.; FREITAS, S. C. D.; ZANOTTO, D. L.; BIZZO, H. R. Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 301-310, 2013. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3982>

ARAÚJO, A. C. D.; ALOUFA, M. A.; SILVA, A. J. N.; COSTA, A. A.; IRANILSON, S. S. Análise não destrutiva de crescimento do gergelim consorciado com feijão caupi em sistema orgânico de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n.1, p. 259-268, 2014. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/13386/0>

ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; LEAL, C. A. M. Tratamentos alternativos para conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Embrapa Cocais-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1107917>

ARRIEL, N.; de SOUSA, S. L.; HEUERT, J.; de MEDEIROS, A. A.; GONDIM, T. D. S.; FIRMINO, P. D. T.; DANTAS, E. **Embrapa Algodão-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1027487>

ARRIEL, N.H.C.; MAURO, A.O.D.; MAURO, S.M.Z.D.; BAKKE, O.A.; UNÊDATREVISOLI, S.H.; COSTA, M.M.; CAPELOTO, A.; CORRADO, A.R. Técnicas multivariadas na determinação da diversidade genética em gergelim 49 usando marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.801-809, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v41n5/30601.pdf>

ASHRAF, M.; ZAFAR, R.; ASHRAF, M.Y. Time-course changes in the inorganic and organic components of germinating sunflower achenes under salt (NaCl) stress. **Flora**, v. 198, p. 26-36, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253004700493>

ASHRAF, M.Y., HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants **Plant Science**, v.166, pp. 3-16, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>

AZEVEDO M.R.Q.A, GOUVEIA J.P.G, TROVÃO D.M.M; QUEIROGA V.P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 7:519-524,2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v7n3/v7n3a19.pdf>

AZEVEDO NETO, A. D. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em plantas de milho**. 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2005.

BAHRAMI, H., RAZMJOO, J.; JAFARI, A. O. Effect of drought stress on germination and seedling growth of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n. 5, p. 423-428, 2012. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123239850>

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; COBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 104-110, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00485.x>

BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed hysiology. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 806-814, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.07.022>

BARBERO, A. P. P., BARROS, F., SLVA, E. A.; SUZUKI, R. M. Influência do déficit hídrico na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de três espécies de Pleurothallidinae (Orchidaceae). **Revista Brasileira de Botanica. Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 4, p. 593-601, 2011.

BASU, R.N. Seed viability. In: BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: The Haworth Press, p. 1-42,1995. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9551094>

BAUDET L. Armazenamento de sementes. In: Peske ST, Rosental MD.; Rota GR (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, UFPel. p.369-418, 2003.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase improved as says and as say applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, p. 276-287, 1971. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8)

BELLO, E.P.B.C.S.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; GUIMARÃES, S.C.; MENDONÇA, E.A.F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 016-024, 2008.

BELTRÃO, N. D. M., VALE, L. D., MARQUES, L. F., CARDOSO, G. D., MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 5, n. 5, p. 67-73, 2010. Disponível em: <http://diretorio.rcaap.pt/handle/1/544>

BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 348p. 2001. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=272297&biblioteca=vazio&busca=assunto:Brasil&qFacets=assunto:Brasil&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1511>

BENTO, L. F.; DRESCH, D. M.; SCALON, S. de P. Q.; MASETTO, T. E. Crescimento e acúmulo de biomassa de *alibertia edulis* em função das secagens e do armazenamento de sementes. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4, 2014. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16435/0>

BESSA, J. F., DONADON, J. R., RESENDE, O., ALVES, R., DE F SALES, J., COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I- Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 3, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p224-230>

BEWLEY, D. J. Bewley with his book " **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**".3ed. Springer, New York, 2013. Disponível em: <https://atrium2.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/7634>

BILAL, M. S.; ABIDI, A. B. Physiological and biochemical changes during seed deterioration: a review. **Internentional Journal of Rescent Scientific Research**, v. 6, n.1, p. 3416-3422, Jan. 2015. Disponível em: DOI: 10.3923/ajpp.2011.28.35

BORBA, I. C. G.; BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; MARTINS, A. B. N.; MORAES, D. M. Metabolismo antioxidativo para separação de lotes de sementes de diferentes graus de homogeneidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 20-26, 2014. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2784>

BOUREIMA, S., EYLETTERS, M., DIOUF, M., DIOP, T. A., E VAN DAMME, P. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum L.*). **Research Journal of Environmental Sciences**, v 5, p 557-564, 2011. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=rjes.2011.557.564>

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v.72, n.2, p.248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes** / Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa Agropecuária. - Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CAI, F.; MEI, L.J.; AN, X.L.; GAO, S.; TANG, L.; CHEN, F. Lipid peroxidation and antioxidant responses during seed germination of *Jatropha curcas*. **International**

Journal of Agriculture e Biology, v.13, p.25-30, 2011. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/b497031540a973696f757487f06d5d8b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=616539>

CAIRES, A. R. L., SCHERER, M. D., SANTOS, T. S. B., PONTIM, B. C. A., GAVASSONI, W. L., OLIVEIRA, S. L. Water stress response of conventional and transgenic soybean plants monitored by chlorophyll a fluorescence. **Journal of fluorescence**, v. 20, n. 3, p. 645-649, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10895-009-0594-4>

CARDOSO, R. B., DA SILVA BINOTTI, F. F.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 10.1590/S1983-40632012000300006, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/17249>

CARILLO, P.; ANNUNZIATA, M.G.; PONTECORVO, G.; FUGGI, A.; WOODROW, P. **Salinity Stress and Salt Tolerance. Abiotic Stress in Plants-Mechanisms and Adaptations**. Shanker, A. (Ed.). ISBN: 978- 953-307-394-1, In Tech.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L; SANTOS, D. M. M. dos. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012. Disponível em: 10.5433/1679-0359.2012v33n2p553

CARVALHO, E. R., MAVAIEIE, D. P. R., OLIVEIRA, J. A., CARVALHO, M. V. AND VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.49 p. 967-976. 2014. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18954>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 590 p 2012. Disponível em: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=087764>

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v - 34, nº 2, p. 239 – 301, 2012. Disponível em: <https://submission3.scielo.br/index.php/jss/article/view/51132>

COSTA, R. C. L., LOBATO, A. K. S., OLIVEIRA NETO, C. F., MAIA, P. S. P., ALVES, G. A. R.; LAUGHINGHOUSE, I. Biochemical and physiological responses in two *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivars under water stress. **Journal of Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 98-101, 2008. Disponível em: https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/135967/1/Costa_etal_2008.pdf

CREELMAN, R. A.; MASON, H. S.; BENSON, R. J.; BOYER, J. S.; MULLET, J. E. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedling. **Plant Physiology**. Lewes, v. 92, p. 205-214, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.92.1.205>

CRUZ, N. F. F.; NASCIMENTO, L. F. J.; SANTOS, R. F.; JÚNIOR, L. A. Z.; CUNHA, E.; ROCHA, E. O. Características e tratos culturais do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v8i4.65757>

CUZZUOL, G. R. F.; CLIPPEL, J. K. Aspectos ecofisiológicos de *Sinningia aghensis* Chautems em condições de campo. **Hoehnea**, v. 36, n. 1, p. 73-81, 2009.

DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, v.69, n.2, p.167-171, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088322>

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A.; MENEGHELLO, G. E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v3, p. 711-720, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cristiane_Deuner/publication/262500374_Viability_and_antioxidant_activity_in_seeds_of_cowpea_genotypes_submitted_to_salt_stress/links/0deec539f25c4de968000000/Viability-and-antioxidant-activity-in-seeds-of-cowpea-genotypes-submitted-to-salt-stress.pdf

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, J. B. Emergence, growth and production of sesame under salt stress and proportions of nitrate and ammonium. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 458-467, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n221rc>.

DIAS, N.D.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/889229/1/Efeitos0002.pdf>

DÍAZ-LÓPEZ, L.; GIMENO, V.; LIDÓN, V.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V. GARCÍASÁNCHEZ, F. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: an ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 54, p. 34-42, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.02.005>

DKHIL, B. B.; DENDEN, M. Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 12, p. 1412-1418, 2010. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380791955Dkhill%20and%20Denden.pdf>

DONADON, J. R., BESSA, J. F., RESENDE, O., DE S, C., CARLOS, F., ALVES, R.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do *crambe* em diferentes embalagens e ambientes: Parte II-Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 3, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>

DONGHUA DOSSA, K., ZHANG, Y., WEI, X., WANG, L., ZHANG, Y.; ZHANG, X. GWAS uncovers differential genetic bases for drought and salt tolerances in sesame

at the germination stage. **Genes**, v. 9, n. 2, p. 87, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/genes9020087>

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. T.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

EBRAHIMIAN, E.; SEYYEDI, S. M.; BYBORDI, A.; DAMALAS, C. A. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. **Agricultural Water Management**, v. 218, p. 149-157, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.031>

EGERT, M.; TEVINI, M. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 48, p. 43-49, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00008-4)

EL-SHABRAWI, H.; KUMAR, B.; KAUL, T.; REDDY, M. K.; SILNGLAPAREEK, S. L.; SOPORY, S. K. Redox homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification as markers for salt tolerance in Pokkali rice. **Protoplasma**, v.245, n.1-4, p.85-96, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00709-010-0144-6>

ELVIRA S., ALONSO R., CASTILLO F.J., GIMENO B.S. On the response of pigments and antioxidants of *Pinus halepensis* seedlings to Mediterranean climatic factors and long-term ozone exposure. **New Phytologist**. v. 138, p. 419-432, 1998. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/new-phytologist/article/on-the-response-of-pigments-and-antioxidants-of-pinus-halepensis-seedlings-to-mediterranean-climatic-factors-and-longterm-ozone-exposure/1EAD6AF3F843EC80B78D7658E8312097>

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Gergelim, o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Embrapa Informação Tecnológica, 1º Ed. 215p. Brasília, DF 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/631827>

EMBRAPA- CNPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Gergelim para alimentação e biodiesel**. 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1480222/simposio-discute-gergelim-para-alimentacao-e-biodiesel>

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). STATISTICS. data-2019.

FAIZ, K.; MALIK, S. A.; YOUNIS, U.; DANISH, S.; RAZA SHAH, M. H.; NIAZ, S. Drought impact on Pb/Cd toxicity remediated by biochar in Brassica campestris. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 14, n. 4, p. 845-854, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000067>

FLORES, A. V., DE LIMA, E. E., GUIMARÃES, V. M., DE CARVALHO GONÇALVES, J. F., DA MATA ATAÍDE, G.; PÁDUA BARROS, D. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 401-408, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031399>

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004. Disponível: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, p.15-24, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.015>

FRANCIS, E. **Sesame**: For the Cooperative Extension Service University of Arkansas System Division of Agriculture. (2013). Disponível em: <https://division.uaex.edu/>

FREITAS, R. A.; DIAS, C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. A. Testes fisiológicos e bioquímicas na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.1, p. 84-91, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbs/v26n1/a13v26n1.pdf>

GIANNOPOLITIS, C. N., RIES, S. K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>

GILL, S.S., TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology Biochem**. v. 48, pg 909–930, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>

GIROTTO, L., ALVES, J. D., DEUNER, S., ALBUQUERQUE, A. C. S.; TOMAZONI, A. P. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 192-199, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226823007.pdf>

GOEL, A.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal Plant Physiology**, v. 160, n. 9, p. 1093-1100, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00881>

GRATAO, P.L., POLLE, A., LEA, P.J., AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metalstressed plants a little easier. **Funct. Plant. Biol.** 32, 481–494, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/FP05016>

GREGGAINS, V.; FINCH-SAVAGE, W.E.; QUICK, W.P.; ATHERTON, N.M. Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, v.148, p.267-276, 2000. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/new-phytologist/article/metabolisminduced-free-radical-activity-does-not-contribute-significantly-to-loss-of-viability-in-moiststored-recalcitrant-seeds-of-contrasting-species/2B161B3E83284EFEFBCF8F714E73C0E8>

GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, v. 2, p. 19-33, 2013. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1223>

GUEDES, R. S. **Teste de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica e sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith**. 2012. 97f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8023>

GUPTA, D.K., PALMA, J.M., CORPAS, F.J. **Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants**. Springer, USA, 2018. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75088-0_1

HALLIWELL, B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant physiology**, v. 141, n. 2, p. 312-322, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.106.077073>

HARFI, M.; HANINE, H.; RIZKI, H.; LATRACHE, H.; NABLOUSSI, A. Effect of drought and salt stresses on germination and early seedling growth of different color-seeds of sesame (*Sesamum indicum*). **Int J Agric Biol**, v. 18, n. 06, p. 1088-1094, 2016. Disponível em: [10.17957/IJAB/15.0145](https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0145)

HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Washington, v.67, n.3, p.450-455, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. **Stress indicators: chlorophylls and carotenoids**. In: HENDRY GAF, GRIME JP (eds), *Methods in Comparative Plant Ecology*, pp.148-152. Chapman e Hall, London. 1993.

SLAM, F.; GILL, R. A., ALI, B.; FAROOQ, M. A.; XU, L.; NAJEEB, U.; ZHOU, W. Sesame. In: **Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production**. Academic Press, p. 135-147, 2016. Disponível em <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801309-0.00006-9>

JABEEN, N.; AHMAD, R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. **Journal of the Science of Food**, v2. n.3. on-line, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5953>

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture e Biology**. [S.L] v. 11, n. 1, p. 100-105, 2009. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.323.1932&rep=rep1&type=pdf>

JAMES, R. A., CAEMMERER, S. V.; Condon, A. G. (Tony).; ZWART, A. B.; MUNNS, R. Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in

durum wheat. **Functional Plant Biology**, v35, n.2, pp.111-123. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/FP07234>

JOSÉ, S. C. B. R., SALOMÃO, A. N., COSTA, T., DA SILVA, J. T. T. T.; CURI, C. D. S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1088963/1/04.pdf>

JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; LOPES DRANSKI, J. A.; STEINER, F.; MATOS MALAVASI, M. D.; MALAVASI, U. C. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, 2012. Disponível em: <https://submission3.scielo.br/index.php/jss/article/view/63085>

KABIRI R, FARAHBAKHS H, NASIBI F. Salicylic acid ameliorates the effects of oxidative stress induced by water deficit in hydroponic culture of *Nigella sativa*. **Journal Stress Physiol Biochem**. v. 8 p. 13–22. 2012. Disponível em: <https://cyberleninka.ru/article/n/salicylic-acid-ameliorates-the-effects-of-oxidative-stress-induced-by-water-deficit-in-hydroponic-culture-of-nigella-sativa>

KADKHODAIE, A., ZAHEDI, M., RAZMJOO, J.; PESSARAKLI, M. Changes in some anti-oxidative enzymes and physiological indices among sesame genotypes (*Sesamum indicum L.*) in response to soil water deficits under field conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 3, p. 641-650, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-013-1442-3>

KIBINZA, S.; VINEL, D.; CÔME, D.; BAILLY, C.; CORBINEAU, F. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. **Physiologia Plantarum**, v.128, p.496–506, 2006. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00771.x>

KISSMANN, C., SCALON, S.P.Q., MUSSURY, R.M., ROBAINA, A.D. Germinação e armazenamento de sementes de *Albizia hasslerii* (Chod.) Burkart. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-MG, v. 31, n. 2, p.104-115, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000200012>

KOCHAK-ZADEH, A.; MOUSAVI, S.; ESHRAGHI-NEJAD, M. The effect of salinity stress on germination and seedling growth of native and breded varieties of wheat. **Journal of Novel Applied Sciences**, v. 2, p. 703-709, 2013. Disponível em: <http://jnasci.org/wp-content/uploads/2013/10/703-709.pdf>

KOOCHEKI, A., EBRAHIMIAN, E., SEYYEDI, S.M. How irrigation rounds and mother corm size control saffron yield, quality, daughter corms behavior and phosphorus uptake. **Science Horticulture.**, v. 213, p. 132–143, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.028>

KOSHIBA, T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*). **Plant and Cell Physiology**, v. 34 (5), p. 713-721, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a078474>

RODRIGUES, Caroline M. **Alterações fisiológicas em sementes de Gergelim...**

KRZYŻANOWSKI, F., VIEIRA, R.; FRANÇA NETO, J. B. Teste de envelhecimento acelerado. **Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES**, p. 3.1-3, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Rima Artes e Textos, 531 p. 2000.

LIEBTHAL, M., MAYNARD, D.; DIETZ, K. J. Peroxiredoxins and redox signaling in plants. **Antioxidants e redox signaling**, v. 28, n. 7, p. 609-624, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ars.2017.7164>

LIMA, D. D. C., DUTRA, A. S.; CAMILO, J. D. M. Physiological quality of sesame seeds during storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 138-145, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000100017>

LIMA, F. S.; BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, F. A.; PEREIRA, W. E.; SOUSA, C. S. Épocas relativas de plantio e adubação nitrogenada: índices agroecômicos do algodoeiro consorciado com gergelim. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.4, p.555-561, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195317437010.pdf>

LIMA, M. G. S., LOPES, N. F., BACARIN, M. A., MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/brag/v63n3/22631.pdf>

LIPIEC, J., DOUSSAN, C. NOSALEWICZ, A., KONDRACKA, K. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. **Int. Agrophys.**, 27, 463-477. 2013. Disponível em: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/intag.2013.27.issue-4/intag-2013-0017/intag-2013-0017.pdf>

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Editora UFV. Viçosa, p. 492, 2015.

LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L.; DUTRA, L. M. C.; AVELAR, S. A. G.; CRIZEL, R. L. Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, nº 3 p - 395 - 406, 2011. Disponível em: <https://submission3.scielo.br/index.php/jss/article/view/29676>

MAGUIRE, J. B. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176>

MARCOS FILHO, J. Deterioração de sementes. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ**, v. 12, p. 291-352, 2005.

MARCOS-FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. Informativo **ABRATES**, v.23, n.1, 2013. Disponível em: https://www.abrates.org.br/img/informations/950ff7fa-c03a-4960-a520-f6cb0870babe_IA%20vol.23%20n.1.pdf#page=21

MARQUES, E. R.; ARAÚJO, R. F.; ARAÚJO, E. F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P. C.; MENDONÇA, E. G. Dormancy and enzymatic activity of rice cultivars seeds

stored in different environments. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.36, n.4, p.435-442, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v36n41031>

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G.; Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, v. 30, suplemento 1, p. 318-329, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18058>

MASETTO, T. E., GORDIN, C. R. B., DE BRITO QUADROS, J., REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. D. P. Q. Armazenamento de sementes de Crambe *abyssinica Hochst.* ex RE Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Ceres**, v. 60, n. 5, 2015. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4033>

MEDEIROS, D. S., ALVES, E. U., DOS ANJOS SENA, D. V., DE OLIVEIRA SILVA, E.; DE ARAÚJO, L. R. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3069-3075, 2015. Disponível em: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p3069

MEDEIROS, M. A.; TORRES, S. B.; NEGREIROS, M. Z.; MADALENA, J. A. S. Hidrocondicionamento e armazenamento de sementes e melão. **Semina: Ciências Agrárias**, v-36, nº 1, p.-57-66, 2015. Disponível em: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p57

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105107>

MESQUITA, J.B.R.; AZEVEDO, B.M.; CAMPELO, A.R.; FERNANDES, C.M.V.; VIANA, T.V.A. **Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação**. Irriga, v.18, n.2, p.364-375, 2013.

MITTLER, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant. Sci.* 7,405–410. Mittler, R. ROS are good. **Trends Plant. Sci.** 22, 11–19,2017. Disponível em : [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9)

MOLLER, I.M.; JENSEN, P.E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**. v58, p. 459-481. 2007. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.58.032806.103946>

MOREIRA, F. Fungos associados às oleaginosas mamona, girassol, amendoim e gergelim na região do Cariri, no Estado do Ceará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA**. Vol. 4, pp. 996-1001,2010.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**. v.167, n.3, p.645-663, 2005. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>

MUNNS, R., GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops—what is the cost. **New phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-673, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.13519>

MUNNS, R., TESTER, M TESTER, MARK. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

NAGEL, M., BÖRNER, A. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. **Seed Science Research**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0960258509990213>

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p.2.1-2.24,1999.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.22, n.5, p.867-880, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

NERY, M. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A.; SOARES, G. C. M.; NERY, F. C. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **CERNE**, v.-20 n. °3, p. 477-483, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031450>

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, R. H.; LOURENÇO, G. S.; ALMEIDA, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195324750010.pdf>

NÓBREGA, J. S.; LOPES, K. P.; SANTOS, J. B.; PAIVA, F. J. S.; SILVA, J. G.; LIMA, G. S. Q quality of sesame seeds produced under soil salinity levels1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 280-286, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632018000300280&script=sci_arttext

OLIVEIRA, E. M., Costa, C. C. Qualidade fisiológica de gergelim armazenado em diferentes condições de conservação. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 395-403, 2009.

OLIVEIRA, G. L. **Alteração fisiológica de enzimáticas em sementes de *Jatropha curcas* durante o armazenamento**. 2013, 59 f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1235/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORDIN, C.R.B.; MARQUES, R.F.; MASSETO, T.E.; SOUZA, L.C.F. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.4, p.966-972, 2012.

PATHAK, N.; RAI, A. K.; KUMARI, R.; THAPA, A.; BHAT, K. V. Sesame crop: an underexploited oilseed holds tremendous potential for enhanced food value. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 06, p. 519, 2014. Disponível em: 10.4236/as.2014.56054

PEDRO, A. A.; STEINER, F.; ZUFFO, A. A.; DOURADINHO, G. Z.; OLIVEIRA, C. P. Crescimento inicial de cultivares de algodoeiro submetido ao estresse salino. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 32-38, 2016. Disponível em: <http://200.181.121.137/index.php/agrineo/article/view/1183>

PEREIRA, M. R. R., MARTINS, C. C., SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13447>

PESKE, S.T., DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.69-85, 1985. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/14981>

PINHERO, R. G., RAO, M. V., PALIYATH, G., MURR, D. P.; FLETCHER, R. A. Changes in activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. **Plant physiology**, v. 114, n. 2, p. 695-704, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.114.2.695>

PRODANOVIĆ, O.; PRODANOVIĆ, R.; BOGDANOVIĆ, J.; MITROVIĆ, A.; MILOSAVIĆ, N.; RADOTIĆ, K. Antioxidative enzymes during germination of two lines of serbian spruce [*Picea omorika* (Panč.) Purkyně]. **Archives of Biological Sciences**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 209-216, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.2298/ABS0703209P>

QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. S.; VALE, D. G.; GEREON, H. G. M.; MOURA, J. A.; SILVA, P. J.; SOUZA FILHO, J. F. Produção de gergelim orgânico nas comunidades de 87 produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí. Campina Grande. **Embrapa**, CNPA, 2008, 127p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/277831>

RAMAGOPAL, S. Regulation of protein synthesis in root, shoot and embryonic tissues of germinating barley during salinity stress. **Plant Cell and Environment**, v.11, n.6,p.501 – 515, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3040.1988.tb01789.x>

REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. Mobilization of reserves and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (*Leguminosae - Papilionoideae*) under different osmotic potentials. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 580 - 588, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000400008>

RHOADES, J., KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. UFPB, 117 p, 2000.

ROCHA, A. D. S. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de gergelim após o teste de envelhecimento acelerado**. 2016. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1457>

ROCHA, L. D. **Ácido Húmico extraído do lodo de esgoto sanitário e seus efeitos em plantas**. 2014, 70f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/1248>

RUIZ, H. A.; SAMPAIO, R. A.; OLIVEIRA, M. O. E FERREIRA, P. A. Características físicas de solos salinos sodicos submetidos a parcelamento da lamina de lixiviação. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, vol. 6, n. 3, p. 1-12, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912006000300001>

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v-26, nº1, p.110-119, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v26n1/a17v26n1>

SANTOS, D. B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; 43 CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Revista Idesia**, v.30, n.2, p. 69-74, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000200009>

SAYDUT, A.; DUZ, M. Z.; KAYA, C.; KAFADAR, A. B.; HAMAMCI, C. Transesterified sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil as a biodiesel fuel. **Biosource Technology**, v.99, i.14, p.6656-6660, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.063>

SHAH, S., HOUBORG, R., MCCABE, M. Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD-502 measurement to salinity and nutrient stress in wheat (*Triticum sativum* L.). **Agronomy**, v. 7, n. 3, p. 61, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy7030061>

SHARMA, P., JHA, A. B., DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, v. 2012, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/217037>.

SHIGEOKA, S.; ISHIKAWA, T.; TAMOI, M.; MIYAGAWA, Y.; TAKEDA, T.; YABUTA, Y.; YOSHIMURA, Y. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1305-1319, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1305>

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. S. V.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S. S.; FERNANDES, P. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, (Suplemento), p. 1-7, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18ns/v18nsa01.pdf>

SILVA, M. M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, A. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão comum produzidas no norte de minas gerais. **Revista Agro@mbiente** on-line-line, v.8, n.-1, p.97-103, 2014.

SILVA, R. T. D., OLIVEIRA, A. B. D., LOPES, M. D. F. D. Q., GUIMARÃES, M. D. A. DUTRA, A. S. Physiological quality of sesame seeds produced from plants subjected to water stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 643-648, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160077>

SINGH, A. S.; KUMARI, S.; MODI, A. R.; GAJERA, B. B.; NARAYANAN, S.; KUMAR, N. Role of conventional and biochnological approaches in geneticimprovement of castor (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, Willoughby, v. 74, p. 55-62, 2015. Disponível em : <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.001>

SMANIOTTO, T. D. S.; RESENDE, O.; MARCAL, K. A.; OLIVEIRA, D. D.; SIMON, G. A. (2014). Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n04/v18n04a13.pdf>

SOARES, M. M., DOS SANTOS JUNIOR, H. C., SIMÕES, M. G., PAZZIN, D.; SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2530/253042635002.pdf>

SOBHANIAN, H.; AGHAEI, K. KOMATSU, S. Changes in the plant proteome resulting from salt stress: toward the creation of salt-tolerant crops? **Journal of proteomics**, v74, n.8, p.1323-1337, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874391911001096>

SOCOLOWSKI, F; VIEIRA, D. C. M; TAKAKI, M. Massa das sementes de *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae): efeitos na emergência e desenvolvimento de suas plântulas no sol e na sombra. **Biota Neotropica**, Brasília. v.11, n.2, p.171-178, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1991/199120062019.pdf>

SOUZA, J. R. M.; SOARES, L. A. A.; SOUZA JÚNIOR, J. R.; MAIA, P. M. E. M.; ANDRADE, E. M. G.; MARACAJÁ, P. B. Estresse salino simulado com nacl na germinação de sementes de girassol CV. BRS 122-V2000. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 2, p. 67 - 71, abr - jun, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i2.432>

STREIT, N. M., CANTERLE, L. P., DO CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005. Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782005000300043&script=sci_arttext

SUASSUNA, J. F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. 2013. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013. Disponível em:<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/5831>

SUNG, J.M. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging in soybean seeds during aging. **Physiologia Plantarum**, v.97, p.85-89, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00482>.

SUNG, J.M.; CHIU, C.C. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes of naturally aged soybean seed. **Plant Science**, v.110, p.45-52, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(95\)91223-J](https://doi.org/10.1016/0168-9452(95)91223-J)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p,2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: 858p. Artmed, 2017.

THIESEN, L. A., PINHEIRO, M. V. M., HOLZ, E., FONTANA, D. C., DOS SANTOS, J. Correlação de Pearson entre pigmentos fotossintetizantes e fitomassa de plantas de *Aloysia triphylla*. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 249-257, 2017. Disponível em: <http://www.ead.codai.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1450>

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, n. 3, p.391-396, 2000. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/85/3/391/2588167>

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. D. S.; SILVA, A. C. T. M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. v.29, n.2, p.90-96, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a12>

VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, n. 4, p. 523-539, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x>

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F. S.; VON PINHO, E. V. R.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 2, p.129-136, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n2/v31n2a15>

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

VILLELA, F. A., DONI FILHO, L., SEQUEIRA, E. L. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da Temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1957-1968, 1991. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/106202>

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre. Artmed Editora, p. 265-281,2004.

VOLKOV, V., BEILBY, M. J. Salinity tolerance in plants: Mechanisms and regulation of ion transport. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1795, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01795>

WEYDERT, C.J., CULLEN, J.J. **Measurement of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase in cultured cells and tissue**. *Nat. Prot.* 5, 51, 2010. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nprot.2009.197>

YANG J.C., ZHANG J.H., WAG Z.Q., ZHU Q.S., AND LIU L.J.. Involvement of abscisic acid and cytokinins in the senescence and remobilization of carbon reserves in wheat subjected to water stress during grain filling. **Plant, Cell Environ.**, 26, 1621-1631. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01081.x>

YOUSEFZADEH, M.; EHSANZADEH, P. Salicylic acid effects on osmoregulation and seed yield in drought stressed sesame. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 4, p. 1414-1422, 2017. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/109/4/1414>

ZHU, J. K. Abiotic stress signaling and responses in plants. **Cell**, v. 167, n. 2, p. 313-324, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; RIBEIRO, P. H. Storage of phisic nut seeds in different environments and packagings. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 2, p. 599-608, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/997810>