



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CAMPUS I
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

WELLERSON LEITE DE ANDRADE

**GERMINAÇÃO E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM PLÂNTULAS DE
GERGELIM SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO E A TRATAMENTO COM
ÁCIDO SALICÍLICO**

CAMPINA GRANDE – PB

2016

WELLERSON LEITE DE ANDRADE

**GERMINAÇÃO E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM PLÂNTULAS DE
GERGELIM SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO E A TRATAMENTO COM
ÁCIDO SALICÍLICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas da
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Biologia.

Orientação: Prof^o. Dr^o. Alberto Soares de Melo

Co-Orientação: Prof^o. Dr^o. Janivan Fernandes
Suassuna

CAMPINA GRANDE – PB

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A553g Andrade, Wellerson Leite de

Germinação e parâmetros bioquímicos em plântulas de gergelim submetidas a estresse hídrico e a tratamento com ácido salicílico [manuscrito] / Wellerson Leite de Andrade. - 2016.

45 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2016.

"Orientação: Prof. Drº. Alberto Soares de Melo,
Departamento de Biologia".

"Co-Orientação: Prof. Drº. Janivan Fernandes Suassuna

1. Sesamum indicum L. 2. Déficit hídrico. 3. Fitormônios.
4. Atenuação de estresse. I. Título.

21. ed. CDD 631.521

WELLERSON LEITE DE ANDRADE

**GERMINAÇÃO E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS EM PLÂNTULAS DE
GERGELIM SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO E A TRATAMENTO COM
ÁCIDO SALICÍLICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas da
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Biologia.

Orientação: Prof^o. Dr^o. Alberto Soares de Melo

Co-Orientação: Prof^o. Dr^o. Janivan Fernandes
Suassuna

Aprovado em 23 de fevereiro de 2016

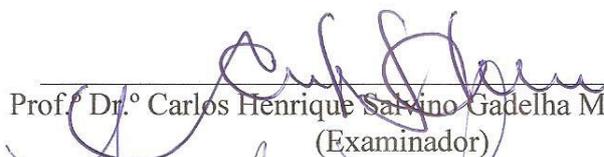
BANCA EXAMINADORA



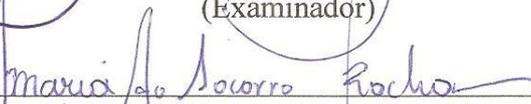
Prof.^o Dr.^o Alberto Soares de Melo - UEPB
(Orientador)



Prof.^o Dr.^o Janivan Fernandes Suassuna - UNIFAP
(Co-Orientador)



Prof.^o Dr.^o Carlos Henrique Sarvino Gadelha Meneses - UEPB
(Examinador)



Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Rocha - UEPB
(Examinadora)

*A Deus, aos meus familiares,
À minha namorada, amigos e todas as pessoas
Que contribuíram para realização deste sonho,
Dedico.*

Agradecimento

Primeiramente agradeço ao meu bom Deus, por me permitir chegar até aqui onde estou, por me conceder paciência e persistência para não desistir nos momentos mais difíceis, por me conceder também sabedoria necessária e chegar ao fim do curso de biologia e início da minha carreira como biólogo.

Agradecer a minha família, meus pais José Alberto e Maria da Glória por me educarem, por acreditarem em mim e me incentivarem em todas as minhas escolhas. Agradeço muito a Deus por ter ótimos pais como vocês que sempre unidos cuidaram bem de mim e permitiram um bom futuro para mim. Agradeço a minha vó Vana e minha tia madrinha Fatima Leite e minha irmã Wilalba que acreditaram em mim e me incentivaram a continuar com garra sempre.

Agradeço a todos os meus amigos do Ecolab: Adriana Conceição, Rayssa, Emannuella, Edilene, Rebeca, Duval, Maria do Socorro por me acolherem no laboratório e pela ajuda nos experimentos, na busca pelo conhecimento e por sempre me incentivarem.

Agradeço imensamente ao Prof^o. Dr^o Janivan Fernandes Suassuna pelo ótimo orientador que foi e sempre será, por ter me aceitado no laboratório e na equipe, ter depositado toda confiança em mim e por passar todo conhecimento que aprendi no laboratório com paciência e tranquilidade.

Ao meu orientador Prof^o. Dr^o Alberto Soares de Melo por permitir que eu pudesse entrar na equipe do Ecolab e depositar confiança em mim como seu orientando, por ser um ótimo professor, orientador e amigo, fonte de conhecimento e de aprendizado.

Agradeço aos meus colegas de turma, Mário, Nathalya, Duval, por sempre estarem comigo e me ajudarem sempre no que fosse preciso e por dividir muitos momentos de alegria sempre me passando energias positivas.

Agradeço imensamente ao meu grande amor, minha namorada Myllena, por estar comigo todos os dias me apoiando me incentivando sempre me dando forças, palavras amigas, me confortando, me ajudando em tudo que for preciso e por nunca me deixar desistir dos meus objetivos, e que este trabalho não estaria aqui sem sua ajuda meu muito obrigado. Te amo imensamente.

Ao meu grande amigo, conselheiro e guia espiritual Padre Antônio, por estar sempre torcendo por mim, rezando por mim e por me guiar com suas sabias palavras e por sempre cuidar de mim e acreditar no meu futuro.

Aos meus amigos, Daniel e Luiz Fernando, e ao meu primo Leo por estarem sempre comigo me botando pra cima com palavras amigas e acreditando sempre em mim me apoiando e dando forças.

Por fim agradeço a UEPB, aos meus Professores, André Peçanha, José Cavalcanti, Érica Caldas, Mônica Maria, José Iranildo, Valéria Veras pela dedicação que sempre tiveram, ao CNPq pelo apoio financeiro e a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho meu muitíssimo obrigado.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

- Chico Xavier

“Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida
nova no livro do tempo.
Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”

Chico Xavier

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1.OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 A cultura do gergelim: aspectos gerais	15
3.2 Importância socioeconômica e utilização do gergelim	17
3.3 Estresse hídrico nas plantas	18
3.4 Efeitos do estresse hídrico no gergelim	19
3.5 Aplicações exógena de ácido salicílico	20
4.MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	21
4.2 FATORES EM ESTUDO E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	22
4.3 DESCRIÇÃO DOS GENÓTIPOS	22
4.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	23
4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS	24
4.5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO	24
4.5.2 VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS	25
4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÕES FINAIS	38
7. REFERÊNCIAS	38
ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Detalhe da instalação do ensaio com genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015.....24
- Figura 2.** Verificação da germinação e reposição hídrica em ensaio com genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015.....24
- Figura 3.** Aferição do comprimento da parte aérea – CPA (A) (cm) e comprimento da raiz – CR (B) (cm) em plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015.....25
- Figura 4.** Preparo de extratos e maceração de plântulas (A) e transferência para tubos *eppendorf* (B) do extrato de plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015.....26
- Figura 5.** Avaliação da atividade da Catalase em plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais hídricos e tratamento de sementes. Campina Grande - PB, 2015.....27
- Figura 6.** Avaliação da atividade da SOD em plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais hídricos e tratamento de sementes. Campina Grande - PB, 2015.....27
- Figura 7.** Percentual de germinação (PG) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com da mesma letra em cada potencial indica não haver diferença entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....29
- Figura 8.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....31
- Figura 9.** Comprimento da parte aérea (CPA) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em

água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....33

Figura 10. Comprimento radicular (CR) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....35

Figura 11. Atividade da catalase (CAT) em plântulas de seis genótipos de gergelim em função de diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial não há diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD - Embebição em água destilada, AS - Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....36

Figura 12. Atividade da superóxido desmutase (SOD) em plântulas de seis genótipos de gergelim em função de diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial não há diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD - Embebição em água destilada, AS - Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição.....38

LISTA DE ABREVIATURAS

CAT - Catalase

SOD - Superóxido dismutase

EROs - Espécies reativas de oxigênio

O₂• - Superóxido de hidrogênio

H₂O₂ - Peróxido de hidrogênio

•OH - Radical hidroxílico

¹O₂ - Oxigênio singleto

O₂ – Oxigênio

LAG - Linhagem avançada de gergelim

CNPA - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão

MPa – Megapascal

NBT - Cloreto de nitrotetrazólio azul

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético

PEG- Polietinoglicol

RESUMO

A pesquisa sobre resposta germinativa de sementes de gergelim submetidas à condição de estresses artificiais é uma ferramenta importante no entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação das culturas sob condições estressantes, podendo contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo desta cultura. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o ácido salicílico como atenuador de estresse hídrico, induzido por polietinoglicol (PEG 6000) na germinação e no crescimento inicial de genótipos de gergelim. Para tanto, ensaios foram conduzidos e desenvolvidos em laboratório para avaliar diferentes potenciais hídricos do substrato (0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) e três tratamentos de sementes (pré-embebição em água destilada; em ácido salicílico e sem pré-embebição) em seis genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, LAG-Branquinha e LAG-Pretinha). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições e 50 sementes por repetição. Avaliou-se o percentual de germinação (%), o índice de velocidade de germinação e variáveis bioquímicas (atividade das enzimas catalase - CAT e superóxido dismutase – SOD). Os maiores índices de germinação foram obtidos nas sementes pré-embebidas em água destilada ou ácido salicílico, com redução da germinação nos menores potenciais osmóticos. A concentração de 10^{-5} M de ácido salicílico auxiliou na tolerância ao estresse hídrico durante a germinação, sobretudo na linhagem LAG-Branquinha e no CNPA-G4. O ácido salicílico atuou de forma positiva para o aumento das atividades enzimáticas na maioria dos genótipos, principalmente no ‘CNPA-G2’ para as enzimas CAT e SOD e no ‘BRS Seda’ para a enzima CAT, sobretudo nos potenciais mais baixos.

PALAVRAS-CHAVE: *Sesamum indicum* L, déficit hídrico, fitormônios, atenuação de estresse.

ABSTRACT

This research about germination of sesame seeds submitted to artificial stresses is an important instrument to understand the capacity for survival and adaptation of cultures under stressful conditions, and it could contribute to the development of management strategies of this cultivation. Thus, this paper goal is measure the salicylic acid as a water stress attenuated, induced by polietinolglicol (PEG 6000) on germination and initial growth of Sesame genotypes. To this, we had conducted and developed tests in the laboratory to evaluate different substrate water potential (0,0; -0,2; -0,4; -0,6 and-0.8 MPa) and three seed treatments (pre-imbibed in distilled water; in salicylic acid and without pre-imbibition) in six genotypes (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, LAG-Branquinha and LAG-Preinha). The experimental design was completely randomized with four replicates and 50 seeds per repetition. Assessed the percentage of germination (%), the germination speed index and biochemical variables (activity of the enzymes catalase-CAT and superoxide dismutase-SOD). The highest rates of germination were obtained in pre-imbibed in distilled water or salicylic acid, with reduction of germination in smaller osmotic potential. The concentration of 10^{-5} M of salicylic acid assisted on water stress tolerance during germination, especially on LAG-Branquinha and the CNPA-G4. Salicylic acid acted positively to the increase in enzyme activities in most genotypes, especially in 'CNPA-G2' for the CAT and SOD enzymes and the 'BRS SEDA' for enzyme CAT, especially lower potential.

KEY WORDS: *Sesamum indicum* L, drought, phytohormones, stress attenuation.

1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma cultura tolerante ao estresse hídrico uma vez que tolera supressão hídrica de até 60% sem diminuição no desenvolvimento da cultura, devido, fazendo com que a transpiração seja reduzida no período de deficiência hídrica no solo, mantendo assim, o teor de água e capacitando-a a tolerar mais a seca (BEZERRA et. al., 2010).

Neste sentido a tolerância a deficiência hídrica é um dos estresses abióticos mais limitantes ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas (MELO et. al. 2010), além de afetar as relações hídricas nas plantas e modificar seu metabolismo, esse fenômeno ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis. Assim os efeitos de déficit sobre os vegetais são evidentes em todos os seus estágios fenológicos, e podem variar em função de severidade e duração do estresse (COLMAN et. al. 2014).

Dentre os efeitos nocivos do estresse hídrico, sabe-se ainda, que a seca provoca estresse oxidativo em várias espécies de plantas, em que espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como o radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radical hidroxila (OH^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2), são produzidos, evento conhecido como “explosão oxidativa”. Com isso, as plantas se utilizam de enzimas específicas que neutralizam a ação destes, são elas a *superóxido dismutase*, a *catalase* e as *peroxidases* (JALEEL et al., 2009).

Na maioria das vezes, os estudos envolvendo estresse hídrico são induzidos com diversas substâncias para simular condições de estresse hídrico, a exemplo o polietilenoglicol (PEG); agente osmótico quimicamente inerte, não tóxico e não eletrolítico que está disponível em formulações comerciais com diferentes pesos moleculares (14000, 6000, 8000, 12000 e 20000), sendo 6000 o mais utilizado por não penetrar nas células devido ao seu elevado peso molecular (MARTINS et. al., 2014).

Em relação as formas de atenuação dos efeitos adversos dos estresses abióticos as plantas, recentemente tem sido estudada a aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em espécies vegetais visando avaliar a atuação deste composto como atenuador de tais efeitos. O ácido salicílico (AS) é um composto fenólico considerado componente de uma nova classe de substâncias de crescimento em plantas, além dos hormônios vegetais, que atuam como importante regulador e diversos processos fisiológicos na planta, incluindo a fotossíntese. Esse composto também é considerado um potencial agente antioxidante enzimática, estando

relacionada a ativação de respostas em defesa no vegetal em condições de estresse (NOREEN et. al., 2009).

Nesse contexto, em função do expressivo potencial do gergelim no Brasil, especialmente para agricultura familiar na região nordeste, onde é frequente a ocorrência de períodos de seca, torna-se relevante a investigação de genótipos mais adaptados a tais condições assim como é necessário buscar alternativas para minimizar os danos causados as culturas, garantindo a otimização e sustentabilidade de seu cultivo. Dessa maneira além de ter poucos trabalhos envolvendo tratamento de plantas de gergelim com ácido salicílico em condições ambientais estressantes, evidencia-se a relevância de conhecimento das relações entre mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos na adaptação destas espécies sob condições de estresse hídrico.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar a germinação e parâmetros bioquímicos em plântulas de gergelim submetidas a estresse hídrico induzido por polietinolglicol (PEG 6000) e a tratamento com ácido salicílico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a germinação e o vigor de genótipos de gergelim em diferentes potenciais osmóticos do substrato e pré-embebição das sementes com solução de ácido salicílico.

- Avaliar variáveis biométricas (comprimento da parte aérea e da parte radicular) de plântulas de gergelim sob diferentes potenciais osmóticos do substrato e tratamentos de pré-embebição das sementes

- Quantificar a atividade de enzimas antioxidantes (catalase e superóxido desmutase) em plântulas de gergelim em função de diferentes potenciais osmóticos e do tratamento com ácido salicílico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura do gergelim: aspectos gerais

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertence à família Pedaliaceae que é constituída por 16 gêneros e 60 espécies encontradas em áreas tropicais e subtropicais (CALDWELL, 1958). Está inserido no gênero *Sesamum* que dispõe de 36 espécies. Acredita-se que o gergelim seja uma das culturas mais antigas do mundo, cultivada na Babilônia e Assíria há 4.000 anos

(HWANG, 2005; ANTONIASSI et al., 2013). Essa espécie não é apenas a nona oleaginosa mais plantada no mundo, mas também, um alimento de grande valor nutritivo, que constitui opção para o Semiárido nordestino, como alternativa de renda, fonte de proteína para o consumo humano e enriquecimento de outros produtos, dos segmentos fitoterápicos e fitocosméticos (BELTRÃO; VIEIRA, 2001; ARAÚJO et al., 2014).

Como toda planta que foi domesticada há muito tempo, o gergelim possui muitas variedades que diferem em tamanho, forma, hábitos de crescimento, cor das flores, tamanho, cor e composição das sementes (WEISS, 1983). O gergelim é cultivado em muitos países, sendo Burma (Myanmar), Índia, Sudão e China, responsáveis por 60% da produção mundial. O gergelim é, em sua maior parte, utilizado para produção de óleo, mas muitos produtos são obtidos a partir de suas sementes (ELLEUCH et al., 2007).

O Brasil é considerado um pequeno produtor, com 16 mil toneladas produzidas em 25 mil ha e rendimento de 640 kg ha⁻¹, sendo que os estados brasileiros maiores produtores de gergelim são Goiás (67% da produção nacional), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais (FAO, 2012). Na região Nordeste o maior diferencial da cultura do gergelim aconteceu com o lançamento da cultivar BRS Seda de cor branca pela Embrapa Algodão, no final de 2007 (QUEIROGA et al., 2009). Segundo Mazzani e Layrisse (1998), este genótipo atende aos padrões mínimos internacionais de mercado, que são de 50% óleo e de 21% de proteínas nas sementes descascadas, cujas características intrínsecas da nova cultivar irão permitir maior aceitação nos mercados nacional e internacional. Dependendo da variedade, a semente integral do gergelim, pode conter 54,08% de óleo e 21,83% de proteína, além de ser considerada rica em aminoácidos sulfurados, característica rara entre as proteínas de origem vegetal (QUEIROGA et al., 2009).

As sementes de gergelim são consumidas *in natura* ou se utilizam para refinar produtos confeitados como os de panificadora. Quando inteiras, as sementes apresentam sabor amargo devido a acidez oxálica presente no tegumento (película), que pode ser removida por processos manual, mecânico, físico e químico (AUGSTBURGER et al., 2000). A sua semente é rica em constituintes minerais, como: cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, zinco e selênio, conforme Namiki (1995) e Lima et al. (2011).

Em muitos países, uma parte considerável da população tem difícil acesso aos alimentos protéicos de origem animal. Nestes casos, existe a possibilidade da utilização de

fontes protéicas vegetais que podem suprir as necessidades nutricionais de diferentes grupos da população (GADELHA, 2009).

3.2 Importância socioeconômica e utilização do gergelim

O gergelim por apresentar características agronômicas, fisiológicas e nutricionais vantajosas para o semiárido brasileiro e o desenvolvimento de técnicas que estimulem seu cultivo e consumo, pode contribuir com a utilização desta cultivar na alimentação do nordeste (ARAÚJO et al., 2014)

Grande parte da produção de gergelim provém da indústria alimentícia, sendo que 70% da produção de grãos, na maioria dos países importadores, são empregadas no preparo de óleo e farinha. Além disso, pode ser utilizado como cultura armadilha para mosca branca e controle de formigas cortadeiras; acrescenta-se que essa cultura se insere nos sistemas tradicionais de cultivo (convencional e plantio direto) como também no sistema de produção agroecológico (PERIN et al., 2010).

Segundo Lima et al. (2011), por ser uma alternativa de renda e fonte de proteína para consumo e enriquecimento de outros produtos, aliado aos segmentos fitoterápicos e fitocosméticos, seu cultivo apresenta grande potencial econômico, em virtude da diversificada forma de exploração, seja no mercado interno quanto no externo.

Para se obter uma boa produção, é necessário adaptar um bom manejo da cultura no campo, para que possa ser atingido todo o seu potencial, além de conhecer as necessidades de consumo de água e nutrientes, o que é fundamental uma vez que o correto manejo da água viabiliza a produção das culturas, regularizando e complementando o uso do solo e gerando aumento de produtividade (MESQUITA et al., 2013). Por sua característica de tolerância à seca e pela facilidade de cultivo o gergelim tem alto potencial produtivo, podendo ser cultivado em sucessão, rotação e consorciação com outras culturas. Nos últimos anos, pequenos e médios produtores tem despertado interesse no gergelim, buscando alternativas de produção, por ser o gergelim um alimento de alto valor nutricional e uma cultura muito tolerante à seca e bem adaptada à produção familiar (PERIN et al., 2010).

A busca permanente por melhorias na produtividade e por redução de custos de produção nos diversos ramos da cadeia de produção aponta o surgimento de algumas tecnologias nas etapas de semeadura e colheita do gergelim como alternativa para viabilizar a exploração desta cultura no Nordeste brasileiro, pelo uso de técnicas simples destacando-se, dentre elas, a falta de tecnologias para a operação da colheita, consistindo de operações

totalmente manuais; por facilitar o manejo e a colheita, poderão ampliar as áreas de plantio (QUEIROGA et al., 2009).

3.3 Estresse hídrico nas plantas

O termo estresse geralmente é definido como um fator externo, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta, este conceito está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ & ZEIGER, 2009). Uma planta pode estar submetida a vários tipos de estresses ambientais. Tratando-se de disponibilidade hídrica, a planta pode sofrer injúrias tanto por excesso como por falta de água, mas como o estresse por deficiência que é mais comum na natureza, esse termo tem sido substituído por estresse hídrico ou déficit hídrico, gerando conflito no modo de utilização (ANGELOCCI, 2002).

O estresse causa desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanente (LARCHER, 2000). Logo, deficiência hídrica pode ser definida como todo o conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A seca é um dos problemas mundiais mais graves para a agricultura, que determina o sucesso ou o fracasso do estabelecimento de plantas (GAMZE et al., 2005) Os efeitos da deficiência hídrica dependem de vários fatores, tais como a sua intensidade, duração, fase fonológica de crescimento e capacidade de resistência genética de plantas (KABIRI et al., 2012). O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR & SINCLAIR, 1996).

Assim, a deficiência hídrica é um dos fatores de estresse que causa maiores danos nos processos fisiológicos e metabólicos das plantas, acarretando em reduções na produtividade (PIMENTEL, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2009). A necessidade em se resolver este conflito induz a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (MCCREE & FERNÁNDEZ, 1989) levando assim as plantas a tentarem atingir a produção de sementes. O estresse hídrico afeta diferentes aspectos do crescimento da planta (morfologia, fisiologia e anatomia) e ocasiona muitas mudanças, como a diminuição ou atraso na germinação, redução do

crescimento órgão aéreo, diminuição da biomassa seca e na taxa de crescimento (HUANG, 1997).

Potenciais hídricos externos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a sequência de eventos do processo germinativo (BANSAL et al., 1980). O estresse hídrico atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação, e para cada espécie existe um valor de potencial hídrico abaixo do qual a germinação não ocorre (ADEGBUYI et al., 1981; THERIOS, 1982).

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree & Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (2009), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Uma redução na taxa de perda de água também pode representar uma vantagem imediata para prevenir a desidratação do tecido, no entanto, pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda, a absorção de CO₂, e, conseqüentemente, a taxa fotossintética (BRUNINI & CARDOSO, 1998).

A exposição ao estresse hídrico em vegetais pode induzir não só alterações biofísicas, mas também alterações metabólicas ou mesmo acúmulo de produtos assimilados. No tocante a plantas de Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*), a indução ao estresse hídrico causou mudanças no potencial da água e a resistência estomática, mas o conteúdo de ácido abscísico aumentou com o aumento do déficit hídrico como indicado pelo decréscimo da umidade do solo ou pela diminuição do potencial da água no xilema (BLAKE & FERRELL, 1977).

Dessa forma, a tolerância à seca é um mecanismo que permite à planta manter o metabolismo, mesmo com a redução do potencial hídrico dos tecidos, devido principalmente ao acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos (betaína), proteínas osmoprotetoras (prolina) e à capacidade antioxidante (catalase e superóxido desmutase) (TAIZ & ZEIGER, 2009; VERSLUES et al., 2006).

3.4 Efeitos do estresse hídrico no gergelim

O gergelim é considerado tolerante à seca, podendo produzir de 350 kg/ha a 500 kg/ha em locais de precipitações de 300 mm bem distribuídas ao longo do ciclo da cultura. Produtividades superiores a 390 kg/ha foram obtidas na região fisiográfica dos Cariris Velhos da Paraíba, em que a quantidade de chuvas foi de apenas 243 mm da época da semeadura até a colheita (BELTRÃO et al., 2009).

Uma de suas principais características fisiológicas é a resistência estomática bastante elevada à falta ou à deficiência de umidade do solo, reduzindo consideravelmente a taxa de

transpiração nos períodos críticos, gerando uma maior tolerância aos seus efeitos. Souza et al. (2000) estudaram o comportamento fisiológico do gergelim, em casa de vegetação submetida a estresse hídrico e verificaram redução na altura das plantas, quantificada aos 48 dias, 68 dias, 85 dias e 98 dias após a semeadura, com decréscimo de 33,73% aos 98 dias e dezesseis dias da suspensão da irrigação em relação à testemunha.

A umidade do ar ideal para o cultivo do gergelim é em torno de 60%, em casos de seca mais severa, ocorre paralisação do crescimento até que o agente estressor volte à normalidade. As cultivares de hábito de crescimento ramificado e de ciclo médio apresentam, geralmente, maior estabilidade e maior adaptabilidade em locais com problemas de deficiência de umidade no solo (BELTRÃO et al., 2009).

Uma das medidas que se relacionam diretamente à resposta de plantas ao déficit hídrico é a germinação em soluções de alta tensão (MENSAH et al., 2006). Com isso o polietilenoglicol 6000 é uma das substâncias utilizadas com finalidade de induzir a situação de déficit hídrico em condições experimentais e pode reduzir significativamente a germinação das sementes (SALEHPOUR et al., 2009; MARAGHIN et al., 2010).

Em relação ao déficit hídrico na germinação de gergelim, Boureima et al. (2011) relataram que em potenciais de -1,0 MPa, houve redução de 22,43% na germinação das sementes e a germinação foi totalmente inibida no potencial osmótico de -1,5 MPa.

Pinto (2006) analisando o efeito da deficiência hídrica durante a fase vegetativa, em duas cultivares de gergelim, verificou que a concentração interna de CO₂ não foi afetada para o efeito cultivar; contudo, para regime hídrico, notou-se tendência de redução dos níveis internos de CO₂ quando as plantas foram submetidas à deficiência hídrica, provavelmente, em virtude da redução da abertura estomática. Considera-se ainda os fatores intrínsecos a cada cultivar: graças às diferenças nos padrões de enraizamento e área foliar, algumas cultivares possuem uma maior eficiência na extração da água do solo e para cada faixa de profundidade, ampliando a eficiência no uso da água (BELTRÃO et al., 2009).

3.5 Aplicações exógena de ácido salicílico

É conhecido que plantas submetidas a determinados estresses produzem em resposta a estes, compostos orgânicos que auxiliem em sua sobrevivência e resistência, nomeados de hormônios vegetais. A produção é variada, podendo-se encontrar auxinas, giberelinas, ácido abscísico, citocininas e etileno (TAIZ & ZEIGER, 2009). Segundo Gonçalves et al. (2014)

outros compostos que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento vegetal têm sido descritos, dentre eles o ácido salicílico.

Além de ser responsável pela regulação dos processos fisiológicos e resistência a doenças nas plantas, o ácido salicílico (AS) exerce a função de induzir o efeito de proteção e tolerância nas plantas submetidas ao estresse por escassez de água e apresenta inúmeras funções, destacando-se inibição da germinação e do crescimento, interferência na absorção de raízes, redução da transpiração e causa a abscisão foliar (KERBAUY, 2008).

A partir disso, o AS tem sido aplicado em alguns cultivos com o objetivo de avaliar a capacidade de amenizar as implicações causadas pela deficiência hídrica nas plantas. A exemplo disso, na pesquisa desenvolvida por Carvalho et al. (2007), se estudou as consequências do ácido salicílico sob estresse térmico a 35°C e hídrico nos processos de germinação e vigor das sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) onde concluíram que o uso do hormônio colaborou positivamente para que as sementes germinassem e se desenvolvessem sob as condições ditas anteriormente.

Já Noreen et al. (2009), utilizaram o AS para verificar a habilidade antioxidante de plantas de girassol sob estresse salino, constatando que houve aumento na atividade das enzimas peroxidase e superóxido dismutase foliares, contudo a atividade da catalase permaneceu inalterada, houve também o aumento da taxa fotossintética e de crescimento. Portanto, uso de AS em doses adequadas pode aumentar a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade das culturas, sendo a resposta da planta a este hormônio dependente das condições ambientais, cultivar, época de aplicação dose e forma de uso (NIVEDITHADEVI et al., 2012), entretanto não há relatos de sua utilização em gergelim.

Visto que, na literatura são poucas as pesquisas relacionadas a substâncias que permitem flexibilidade e tolerância ao gergelim sob estresse hídrico nas fases germinativas, emergência das plântulas e crescimento inicial. Dessa forma, é necessário que se ampliem os estudos os quais busquem estes conhecimentos e que descrevam métodos e produtos que estimulem a produção desse composto.

4.MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB), Complexo Três Marias, no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, CCBS/UEPB/CAMPUS I em Campina Grande – PB.

4.2 FATORES EM ESTUDO E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Foram estudados os fatores: Genótipo (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, LAG-Branquinha e LAG-Pretinha); embebição (sementes embebidas em ácido salicílico a 10^{-5} mM – AS; em água destilada – AD, ambas por um período de 8 horas; e sementes sem embebição - SE); e ainda, o fator potencial osmótico (0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) induzidos com polietilenoglicol - PEG 6000 a ser adicionado para se obter cada tensão de água, foi utilizada a equação por Michel & Kaufmann (1973), ou seja:

$$\Psi_{os} = (1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-4})C^2 + (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T;$$

Em que:

Ψ_{os} = potencial osmótico (bar);

C = concentração do agente osmótico (g de PEG 6000/L H₂O);

T = temperatura (°C).

Potencial osmótico (MPa)	Concentração (g PEG 6000/ L H ₂ O)
0,00	0,000
-0,20	119,571
-0,40	178,343
-0,60	223,664
-0,80	261,948

Tabela 1. Concentração de polietinoglicol (PEG 6000) utilizado para obter os diferentes níveis de potencial osmótico, com temperatura de 26°C.

Para a embebição das sementes foram utilizadas duas soluções, sendo a primeira “AS” onde 0,00069 g de ácido salicílico foram dissolvidos em 500 ml de água destilada para obter a concentração de 10^{-5} mol L⁻¹. A combinação dos três fatores (6 X 3 X 5), seis genótipos, três embebições e 5 potenciais osmóticos, resultou em 90 tratamentos arranjo no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições e a parcela experimental foi constituída de 50 sementes.

4.3 DESCRIÇÃO DOS GENÓTIPOS

Genótipo BRS-Seda: possui porte médio, seu ciclo é de 90 dias, com início da floração aos 30 dias após a emergência, com hábito de crescimento ramificado, sua haste possui coloração verde, com um fruto por axila, e semente de coloração branca, oferece teor de óleo que varia de 50% a 52%. Apresenta potencial para produzir até 2.500 kg ha⁻¹, em condições ideais de cultivo. É indicada para o cultivo no Nordeste, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, São Paulo (precipitação de 400 mm a 850 mm) e Cerrado (QUEIROGA et al., 2009).

Genótipo CNPA-G2: apresenta porte mediano (até 1,60 m), ciclo médio (100 dias) e hábito de crescimento não ramificado. Apresenta três frutos por axila foliar e sua semente é de coloração creme. Indica-se para o plantio de sequeiro e irrigado em todos os estados do Nordeste, devido à sua alta estabilidade produtiva (ARRIEL et al., 2009).

Genótipo CNPA-G3: possui um porte médio (até 1,60 m), com ciclo de 90 a 100 dias, hábito de crescimento ramificado, e floração e maturação uniformes. Apresenta um fruto por axila e semente de coloração creme. É indicada para a região semiárida nordestina, onde a mancha-angular é a principal doença da cultura (ARRIEL et al., 2009).

Genótipo CNPA-G4: apresenta porte mediano (1,55 m), seu ciclo é de 90 dias, com hábito de crescimento ramificado, a floração e maturação são uniformes, oferecem um fruto por axila e sementes de cor creme, com teor de óleo que varia de 48 a 50%. É indicado para o cultivo na região Nordeste e no Cerrado de Goiás (ARRIEL et al., 2009).

As linhagens de genótipo Branquinha (LAG-0927561) e Pretinha (LAG-26514) não foram, ainda, lançadas pela Embrapa; a ‘Branquinha’ apresenta porte mediano (160 cm), seu ciclo médio é de 100 dias, com início do florescimento aos 38 dias, dispõe um fruto por axila foliar e possuem sementes de cor branca, sendo o peso médio de 1000 sementes entre 3,0 e 3,2 g e teor de óleo em torno de 53%; a ‘Pretinha’ possui porte baixo (125 cm), hábito de crescimento bastante ramificado, ciclo médio de 100 dias, início de floração aos 29 dias, 1 fruto por axila e as sementes são de cor preta, com peso médio de 1000 sementes igual a 2,8 g e teor de óleo entre 48 e 50% do peso das sementes, conforme mencionado por Suassuna (2013), considerando as condições experimentais adotadas.

4.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após a embebição as sementes foram distribuídas em caixas para teste de germinação do tipo *gerbox* (11 x 11 x 3,5 cm) contendo três folhas de papel *germitest* umedecidas com as soluções de diferentes potenciais osmóticos na quantidade 2,5 vezes a massa do papel (BRASIL, 2009). As sementes foram dispostas sobre duas folhas do papel e cobertas com a terceira folha, totalizando 50 sementes por caixa, as quais foram vedadas com filme de polietileno e em seguida pesadas para reposição de água baseado no peso inicial, quando necessário (Figura 1).

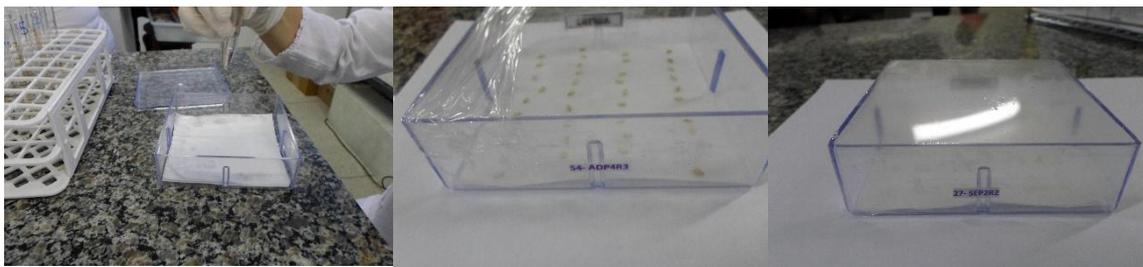


Figura 1. Detalhe da instalação do ensaio com genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015. FOTOS: Adriana Conceição da Silva

O ensaio foi conduzido em BOD (Biochemical Oxygen Demand) em temperaturas alternadas de 25 e 30 °C, com fotoperíodo de 12 horas. As contagens de germinação e pesagem das caixas para verificação do consumo hídrico (Figura 2), foram realizadas diariamente desde a instalação até o momento em que se constatou estabilização da germinação, de acordo com os preceitos estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), momento em que o experimento foi encerrado.



Figura 2. Verificação da germinação e reposição hídrica em ensaio com genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015. FOTOS: Adriana Conceição da Silva

4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre a germinação das sementes quantificou-se no sexto dia após a instalação, a percentagem de sementes germinadas (PG) (%) e o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme as equações 1 e 2, respectivamente:

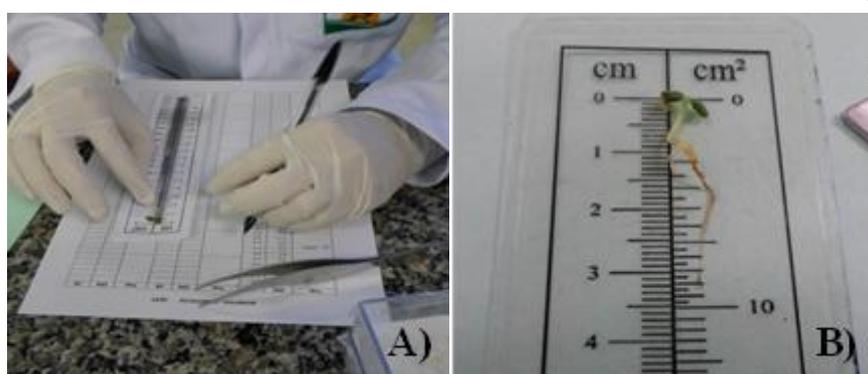
$$PG = (\sum ni/N) * 100 \quad (01)$$

$$IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn \quad (02)$$

Em que:

Σni corresponde ao número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas para germinar (N) sendo os resultados expressos em porcentagem; IVG é o índice de velocidade de germinação; G1, G2, Gn é igual ao número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem e N1, N2, Nn corresponde ao número de dias da semeadura até a primeira, segunda e última contagem.

Ao final do experimento (15 dias após a instalação), foram mensurados os comprimentos da parte aérea das plântulas (CPA) e da raiz (CR) ambos em cm (Figura 3). Para tanto, foram separadas dez plântulas normais de cada tratamento por repetição, nas quais foram medidas as distâncias do ápice da parte aérea até o colo (comprimento da parte aérea) e do colo à extremidade da raiz primária (comprimento da raiz).



FOTOS
:
Adriana
Conceição da
Silva

Figura 3. Comprimento da parte aérea – CPA (A) (cm) e comprimento da raiz – CR (B) (cm) em plântulas de genótipos de de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB, 2015.

4.5.2 VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS

A atividade das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) foi quantificada com a finalidade de verificar o efeito do agente estressante sobre o metabolismo antioxidante nas plântulas de gergelim. Para tanto, 50 mg de material fresco composto por raiz e parte aérea, coletados ao final do experimento, foram macerados com 5% de polivinilpolipirrolidona (PVPP) insolúvel (Figura 4A), suficiente para evitar oxidação do material, e homogeneizado em 3 mL do tampão de extração (Figura 4B) composto por fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), EDTA 0,1 mM. O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 x

G por 20 min. a 4 °C e o sobrenadante coletado foi transferido para um tubo Tipo *Eppendorf* e mantido no gelo até, ser utilizados para os ensaios das atividades enzimáticas.

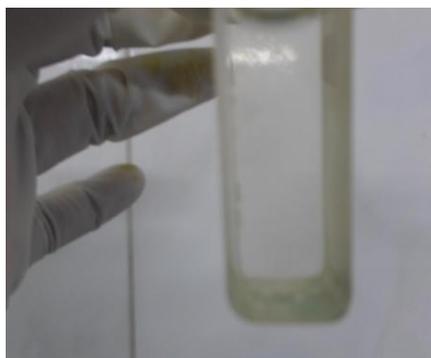


FOTOS
:
Adriana
Conceição da
Silva

Figura 4. Preparo de extratos e maceração de plântulas (A) e transferência para tubos *eppendorf* (B) do extrato de plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes com ácido salicílico. Campina Grande – PB,

A atividade da catalase foi determinada através do consumo de H_2O_2 monitorado por espectrofotometria a 240 nm. O procedimento foi realizado conforme Beer Júnior e Sizer (1952) com pequenas modificações e foi estimada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm a cada 10 segundos durante 1 min. O meio de reação (3 mL) consistiu de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0), 0,1 mM de EDTA e 50 μ L do extrato.

A reação teve início com a adição de 2,27 μ L de H_2O_2 (30%) enzimático em cubetas de quartzo (Figura 5). Foi realizada leitura a 240 nm imediatamente após a adição do H_2O_2 e durante 1 min de reação. Também foram realizadas leituras da solução de reação sem o extrato enzimático (branco do reagente). A diferença na absorbância (ΔA_{240}) foi multiplicada pelo coeficiente de extinção molar de $36 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$ (ANDERSON et al., 1995). A atividade da enzima foi expressa em mmol de H_2O_2 consumido por 1 minuto por mg de proteína ($\text{mmol } H_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$). As análises da atividade da catalase para cada tratamento também foram realizadas em triplicata.



FOTOS
:
Adriana
Conceição da
Silva

Figura 5. Avaliação da atividade da Catalase em plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais hídricos e tratamento de sementes. Campina Grande - PB, 2015.

A avaliação da atividade da SOD foi quantificada de acordo com a metodologia de Gianopolitis e Ries (1977) com modificações. Alíquotas de 100 μ L de extrato foram transferidas para um meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), 156 μ L de metionina (14 mM), 30 μ L EDTA (0,1 mM) e 45 μ L de NBT (75 mM). A reação foi iniciada pela adição de 60 μ L de riboflavina (2 μ M) totalizando 3 mL. Na sequência os tubos foram transferidos para uma caixa de madeira iluminada por lâmpadas fluorescentes (Figura 6A) totalizando 60 watts sendo uma de 30 watts e duas de 15 watts cada, por um período de 15 minutos até a observação da reação (Figura 6B). Em seguida as leituras foram realizadas espectrofotômetro em comprimento de onda de 560 nm.



FOTOS
:
Adriana
Conceição da
Silva

Figura 6. Avaliação da atividade da SOD em plântulas de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais hídricos e tratamento de sementes. Campina Grande - PB, 2015.

Ressalte-se que uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotoredução do NBT nas condições de ensaio; Para efeito de correção dos cálculos, foram considerados como branco da reação tubos que não continham extrato, exposto e não exposto a luz. O branco do claro, que consiste em tampão de ensaio sem o

extrato enzimático submetido à iluminação, indica 100% da formação da formazana, ou seja, a completa fotorredução do NBT pelo superóxido.

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. A absorbância a 560 nm de um meio de reação exatamente igual ao anterior, mas mantido no escuro por igual período, serviu de branco e foi subtraído da leitura da amostra que recebeu iluminação (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). Acrescente-se que as análises para as amostras de cada tratamento foram realizadas em triplicata.

4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (teste F até 5% de probabilidade). Foram procedidas análises de regressão polinomial no caso de fator quantitativo e para os fatores de natureza qualitativa foi aplicado o teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$) (FERREIRA, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de germinação de todos os genótipos de gergelim (Figura 7), foi reduzido com a diminuição do potencial osmótico no substrato. No genótipo BRS Seda, observa-se maior germinação (65%) no potencial 0,0 MPa (testemunha) e de 38,7% no potencial -0,4 MPa no tratamento AS. Acrescenta-se ainda que no referido genótipo (BRS Seda) não houve germinação no potencial osmótico de -0,8 MPa induzido pelo PEG 6000. Esse resultado pode ser devido ao nível de estresse elevado, o qual impediu a hidratação das sementes e o início das reações metabólicas já que nesta fase, as sementes necessitam de aeração e hidratação, para que ocorram as reações indutoras da formação dos órgãos em crescimento (DOUSSEAU et al., 2008). Com isso é possível destacar indícios de sensibilidade do ‘BRS Seda’ ao estresse hídrico nessa fase, já que tal fato não ocorreu nos demais genótipos estudados.

Outro resultado a ser destacado é para o ‘CNPA-G4’ no qual observou-se percentual de germinação elevado em todos os potenciais osmóticos testados, mostrando-se ser este genótipo mais tolerante ao estresse hídrico na fase de germinação. No potencial -0,4 MPa quantificou-se em AD 98,75% e em AS 95,00% de germinação (Figura 7). Já o genótipo LAG-Branquinha foi o que demonstrou um melhor resultado em relação à embebição em ácido salicílico (AS), sendo que entre todos os potenciais testados notou-se diferenciação

apenas nos potenciais -0,2 MPa e -0,4 MPa, e as maiores médias (61,25% e 38,75) foram também constatadas nos referidos potenciais (Figura 7).

Carvalho et al. (2007) advertem que isto pode ser resultante da resposta das sementes ao AS, que poderia ter induzido produção proteínas de tolerância ao estresse nesse genótipo fazendo com que as sementes tivessem uma resposta superior à germinação em água. Já Guimarães et al. (2008), ressaltam que a embebição de sementes permite a reorganização e ativação de processos celulares que estavam desorganizados e inativos devido ao processo de dessecação.

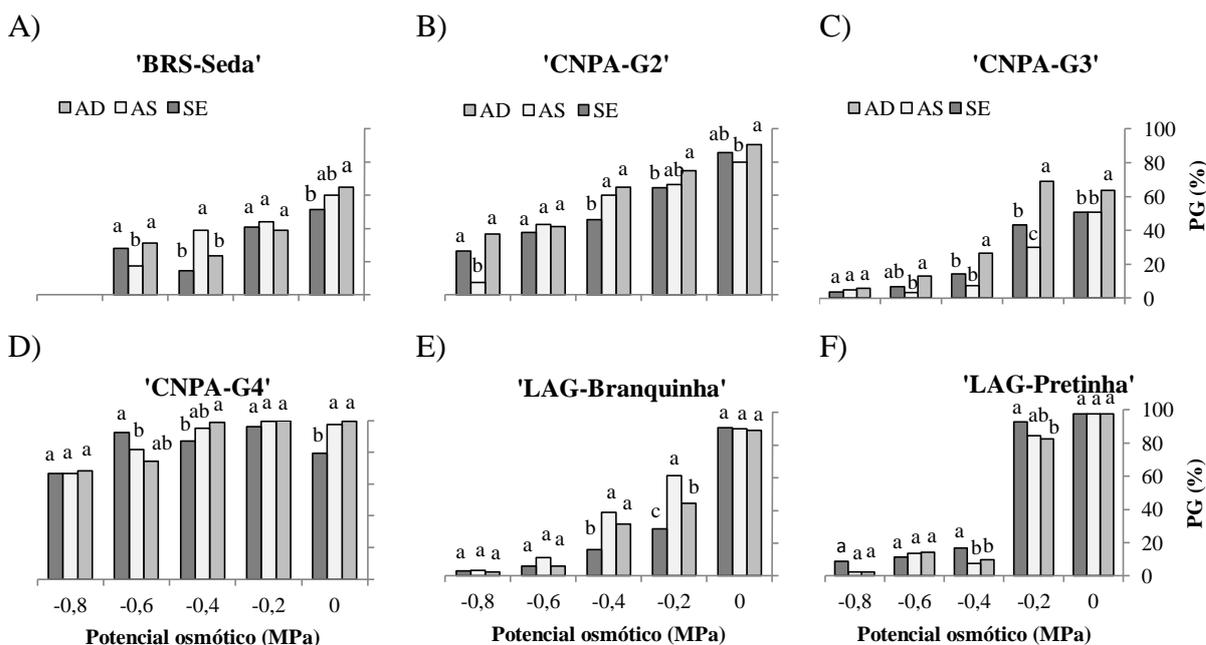


Figura 7. Percentual de germinação (PG) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com da mesma letra em cada potencial indica não haver diferença entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 9,49.

Em relação ao IVG (Figura 8), houve diminuição deste índice em todos os genótipos à medida que o potencial osmótico foi reduzido. Destaque-se que para o CNPA-G4 em especial, a redução ocorreu apenas nos dois menores potenciais (-0,6 e -0,8MPa), ao passo que em LAG-Branquinha o IVG foi reduzido desde o potencial de -0,2 MPa. Ressalte-se que no 'CNPA-G4' as médias foram elevadas chegando a 22,76, 22,68 e 21,39 quando essas foram embebidas em ácido salicílico nos potenciais 0,0 MPa (testemunha), -0,2 MPa e -0,4 MPa, respectivamente.

Para a 'LAG-Branquinha' notou-se que nos potenciais -0,2 MPa e -0,4 MPa houve diferenciação nas médias sendo que as melhores foram observadas nas sementes que foram

embebidas em ácido salicílico (5,1) e água destilada (1,8). Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2014), avaliando a germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais, onde se observou que quando o ácido salicílico foi utilizado na embebição das sementes, a germinação foi mais rápida, evidenciada pela maior velocidade média de germinação, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio, resultados também encontrados neste trabalho quando avaliou-se o genótipo LAG-Branquinha.

Na ‘LAG-Pretinha’ médias elevadas foram observadas nos maiores potenciais 0,0 MPa (testemunha), -0,2 MPa sendo 19,19 e 15,48 e sem diferenciação entre elas. Já no -0,4MPa observou-se IVG de 20,32 em sementes que passaram por embebição em água destilada.

Teixeira et al. (2011), avaliando a germinação e o vigor de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) sob condições de estresse hídrico induzido por PEG 6000 com soluções de 0,0 a -1,4 MPa, observaram que a redução do potencial osmótico do substrato promove redução significativa na germinação e no vigor das sementes de crambe. Potenciais osmóticos iguais ou inferiores a -0,2 MPa revelaram-se prejudiciais a germinação das sementes, não havendo desenvolvimento de plântulas normais em potenciais inferiores a -0,6 MPa. Ainda é possível destacar neste trabalho um indicativo de superioridade do ‘CNPA-G4’ ao estresse hídrico, já que isso não ocorreu nos demais genótipos.

Nesse contexto, a restrição hídrica pode reduzir a velocidade de germinação (IVG) e a porcentagem de germinação à medida que o potencial osmótico se torna menor, pois reduz a velocidade dos processos metabólicos e bioquímicos, o que atrasa ou inibe a germinação das sementes, no potencial (PEREIRA et al., 2012) fato que provavelmente ocorreu com os genótipos de gergelim estudados.

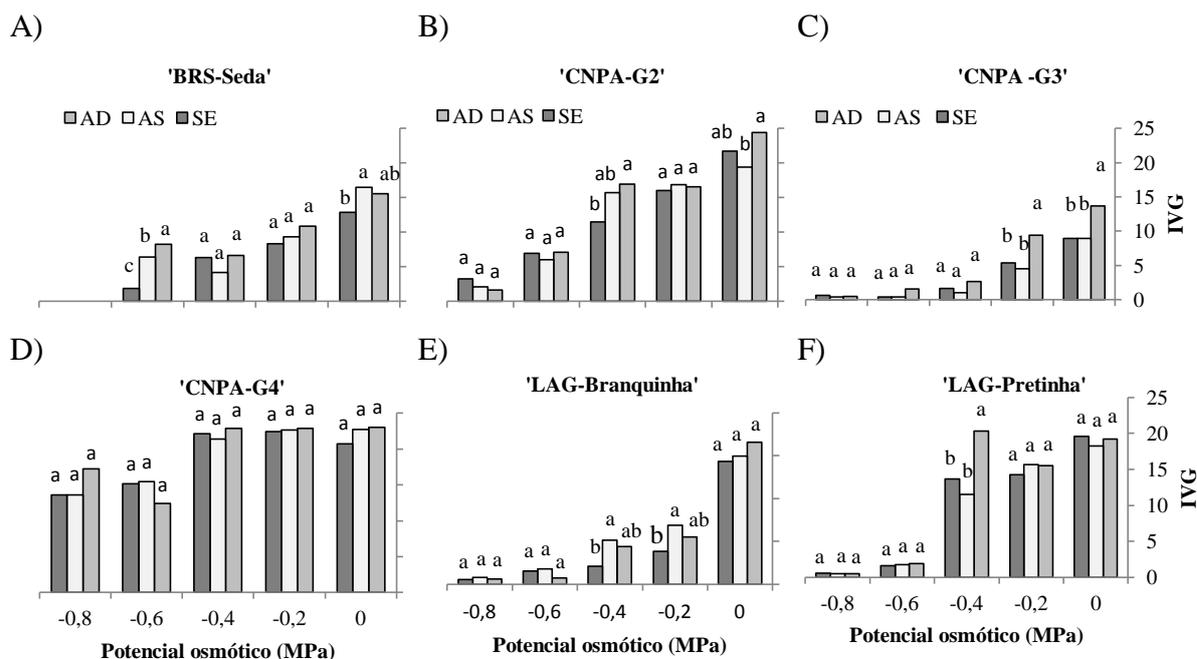


Figura 8. Índice de velocidade de germinação (IVG) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 2,75.

O comprimento da parte aérea (CPA) (cm) (Figura 9) foi reduzido em todos os genótipos à medida que o potencial osmótico no substrato foi diminuindo. Foram observados os maiores valores de CPA (cm) nos genótipos ‘BRS Seda’ e ‘CNPA-G2’, onde no ‘BRS Seda’ a diferença foi observada de acordo com os tratamentos de embebição das sementes; no potencial 0,0 MPa (testemunha) a média foi de 6,6 cm; nas sementes com embebição em ácido salicílico, com uma diminuição no tamanho da parte aérea das plântulas nos potenciais seguintes. Ainda é possível ressaltar que no potencial -0,6 MPa a embebição em água destilada demonstrou a melhor média (3,13 cm) de comprimento radicular em relação aos tratamentos SE e AS.

No genótipo CNPA-G2 (Figura 9) a diminuição gradativa do comprimento da parte aérea à medida que o potencial hídrico diminuía foi evidente, e as médias se diferenciaram nos potenciais 0,0 MPa (testemunha) com maior média observada de 8,23 cm quando as sementes foram embebidas em água destilada e no potencial -0,6 MPa (1,46 cm), sendo que nesses potenciais as maiores médias foram observadas nas plântulas oriundas de sementes que passaram pelo pré-tratamento com ácido salicílico (AS), chegando a 3,23 cm no potencial -0,6 MPa. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2013), que avaliando

germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico, resultados indicam que a pré-embebição das sementes de maracujazeiro amarelo com um hormônio vegetal, estimula a porcentagem de germinação e reduz a porcentagem de sementes mortas, o regulador vegetal proporcionou incremento no comprimento da parte aérea das plântulas de maracujazeiro amarelo.

Para o genótipo CNPA-G3 (Figura 9) as médias observadas foram baixas em todos os potenciais, com diferença apenas no potencial $-0,2$ MPa nas sementes com embebição em água destilada, com média de 1,45 cm. No potencial $0,0$ MPa (testemunha) a maior média foi obtida em plântulas cujas sementes foram embebidas em ácido salicílico (2,11 cm) e as demais não apresentaram diferença significativa. Nesse caso, o período de embebição das sementes em AS parece ter contribuído para maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas. Estes resultados corroboram com Abati et al. (2014), ao explicarem que a redução no comprimento das plântulas ocorre principalmente devido à restrição hídrica diminuir a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, restringindo o seu desenvolvimento.

No 'CNPA-G4' (Figura 9) observou-se médias de 1,65 cm quando as sementes não foram embebidas, não diferindo em nenhum dos potenciais. Fato semelhante ocorreu com o genótipo LAG-Branquinha (Figura 9) em que as médias foram inferiores e com diferenciação apenas no potencial $0,0$ MPa (testemunha) e no potencial $-0,6$ MPa (1,90 cm) e (1,09 cm) respectivamente. No genótipo LAG-Pretinha (Figura 9) observou-se diferenciação apenas nos potenciais $-0,4$ MPa e $-0,6$ MPa com as maiores médias (1,86 cm e 0,75 cm) nas plântulas cujas sementes passaram pela embebição em água destilada.

Nos resultados encontrados por Silva et al. (2014), avaliando a germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais, observou que o comprimento da parte aérea das plântulas de melancia não foi influenciado pelas concentrações de ácido salicílico quando as sementes foram pré-embebidas por 8 horas. No entanto, quando se utilizou o substrato umedecido com as soluções contendo 5 e $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido salicílico as plântulas apresentaram um menor comprimento da parte aérea, quando comparadas às plântulas germinadas em água destilada.

Com base em Abati et al. 2014, essa redução no comprimento das plântulas ocorreu principalmente devido à restrição hídrica diminuir a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, restringindo o seu desenvolvimento (ABATI et al., 2014). Como o estresse hídrico ocorre de forma gradual, o contato entre a superfície das raízes e do solo é

maximizado pela emissão dos pelos radiculares, com consequente aumento da área superficial e capacidade de absorção de água (RAMOS JUNIOR et al., 2013).

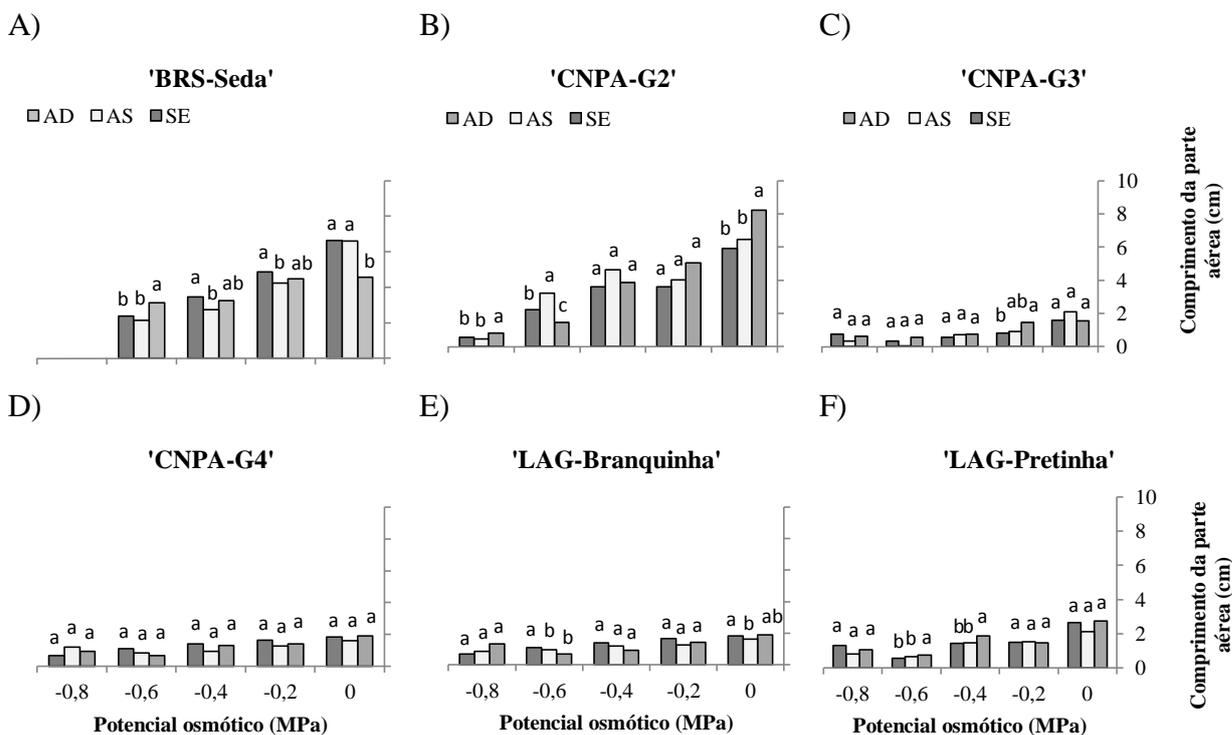


Figura 9. Comprimento da parte aérea (CPA) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 0,61

Em relação à variável comprimento da raiz primária (Figura 10), no genótipo ‘BRS Seda’ houve diferença significativa entre os tratamentos de acordo com a embebição, onde no potencial 0,0 MPa (testemunha) constatou-se diferenciação entre as médias sendo a melhor encontrada nas sementes sem embebição (6,84 cm). Nos demais potenciais nas plântulas oriunda de sementes embebidas em água destilada foram observadas as melhores médias sendo elas no potencial -0,2 MPa (5,67 cm), -0,4 MPa (5,39 cm) e no potencial -0,6 MPa (3,47 cm).

O genótipo CNPA-G2 (Figura 10) apresentou um decréscimo no comprimento da raiz, sendo que o potencial 0,0 (testemunha) foi o que apresentou diferenciação entre as médias observada, com a maior média de 5,90 cm com embebição em água destilada e no potencial -0,6 MPa com maior média 1,86 cm em sementes com embebição em ácido salicílico (AS). No genótipo CNPA-G3 (Figura 10), observou-se médias com diferenciação apenas no

potencial 0,0 MPa (testemunha) com média de 3,78 cm e no potencial -0,2 MPa com média observada de 2,28 cm, ambas em plântulas tratadas com ácido salicílico. Nos demais potenciais não se constatou diferença entre as médias.

Para o 'CNPA-G4' (Figura 10) as médias de CR foram reduzidas em ambos os potenciais e tratamentos de sementes e não diferiram entre si, em função do potencial ou do tratamento de sementes. Já no genótipo 'LAG-Branquinha' (Figura 10) as médias de crescimento radicular foram maiores e as médias encontradas diferiram entre si em todos os potenciais. No potencial 0,0 MPa (testemunha) a maior média foi observada nas sementes sem embebição foi de 5,01 cm, já no potencial -0,2 MPa a maior média 3,32 cm foi observada nas sementes embebidas em água destilada, situação semelhante à observada no potencial -0,4 MPa, no qual a maior média 3,79 cm.

Em contrapartida um resultado distinto foi observado no genótipo 'LAG-Pretinha', observando-se diferenciação apenas nas médias a partir do potencial -0,4 MPa com média 2,26 cm em plântulas de sementes de embebição em água destilada, e no potencial -0,6 MPa as sementes com embebição em água destilada deram origem a plântulas com média de 1,87 cm de raiz.

Em pesquisa realizada por Carneiro et al. (2011), em que se avaliou o efeito de agentes indutores de estresse hídrico e salino na germinação, crescimento e resposta antioxidante de plântulas de girassol, observou-se que o comprimento das raízes foi superior a testemunha para as plântulas germinadas nos potenciais osmóticos de -0,2 e -0,4 MPa para o agente osmótico PEG 6000, e no potencial de -0,2 MPa para o agente NaCl. Quando acondicionadas sob potenciais osmóticos inferiores aos citados, houve uma expressiva redução no crescimento radicular.

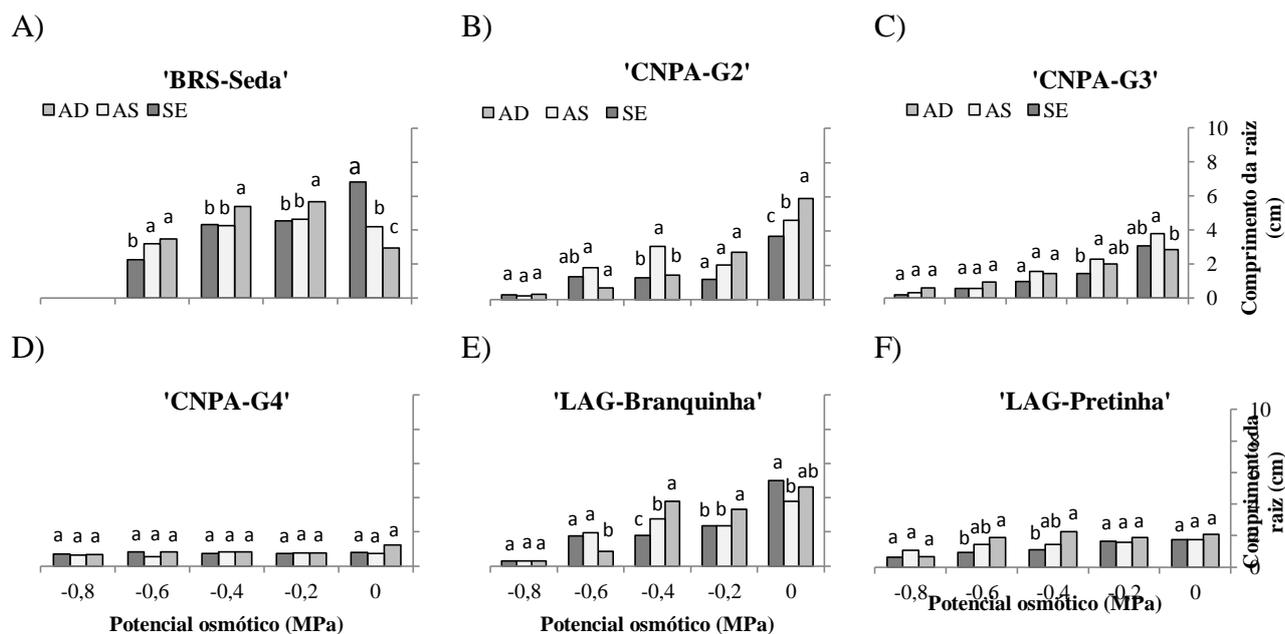


Figura 10. Comprimento radicular (CR) de genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial indica não haver diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD -Embebição em água destilada, AS- Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 0,85

No tocante ao estudo das enzimas antioxidantes, em relação à catalase, houve no genótipo BRS Seda (Figura 11A), diferença entre as médias quanto aos pré-tratamentos e nos potenciais; nos potenciais -0,2 MPa destacou-se a embebição em ácido salicílico, observando-se nesse tratamento, atividade da catalase de $0,00708 \text{ mmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF min}^{-1}$ e -0,4 MPa $0,00591 \text{ mmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF min}^{-1}$, respectivamente.

Resultado semelhante foi obtido para a atividade da catalase no genótipo CNPA-G2 (Figura 11B), em que nos potenciais de -0,2 e -0,4 MPa, destacou-se a embebição em ácido salicílico no aumento da atividade da CAT. Acrescente-se que no potencial -0,6 MPa a maior média foi observada em sementes sem embebição, justificando a não atuação do AS em níveis mais elevados de estresse.

No genótipo CNPA-G4 (Figura 11D) houve tendência de aumento da atividade da CAT devido à diminuição do potencial osmótico do substrato, em especial nos tratamentos de embebição das sementes, tornando evidente que a embebição nesse genótipo fez aumentar a quantidade da enzima em condições de estresse hídrico. No genótipo LAG-Branquinha (Figura 11E) também se observou aumento da atividade da CAT com o decréscimo nos potenciais osmóticos, exceto no potencial de -0,8 MPa onde a atividade da CAT foi baixa nos

três tratamentos de sementes. Todavia, nos tratamentos de embebição em AS e em AD houve tendência de aumento na atividade enzimática.

Pereira et al. (2012) citaram variação na atividade da CAT varia em função da duração e intensidade do estresse; e que em situações de déficit hídrico moderado, há um incremento na atividade desta enzima. Entretanto à medida que o estresse torna-se mais severo, esse comportamento é invertido, tal como se observa nos menores potenciais osmóticos (-0,6 e -0,8 MPa). A avaliação desta enzima (CAT) em resposta ao estresse hídrico foi feita por Kadkhodaie et al. (2013) em genótipos de gergelim sensíveis, intermediários e resistentes à seca e esses autores observaram aumento na atividade da CAT em todos os genótipos. Estes resultados indicaram que a capacidade de CAT em degradar H_2O_2 foi mantida durante os estresses leves, moderados e graves em todos os genótipos, no entanto, mesmo os genótipos sensíveis ao estresse mantiveram atividade CAT mesmo sob grave estresse hídrico. Tal comportamento pode ser devido ao fato de ser o gergelim uma espécie tolerante à seca.

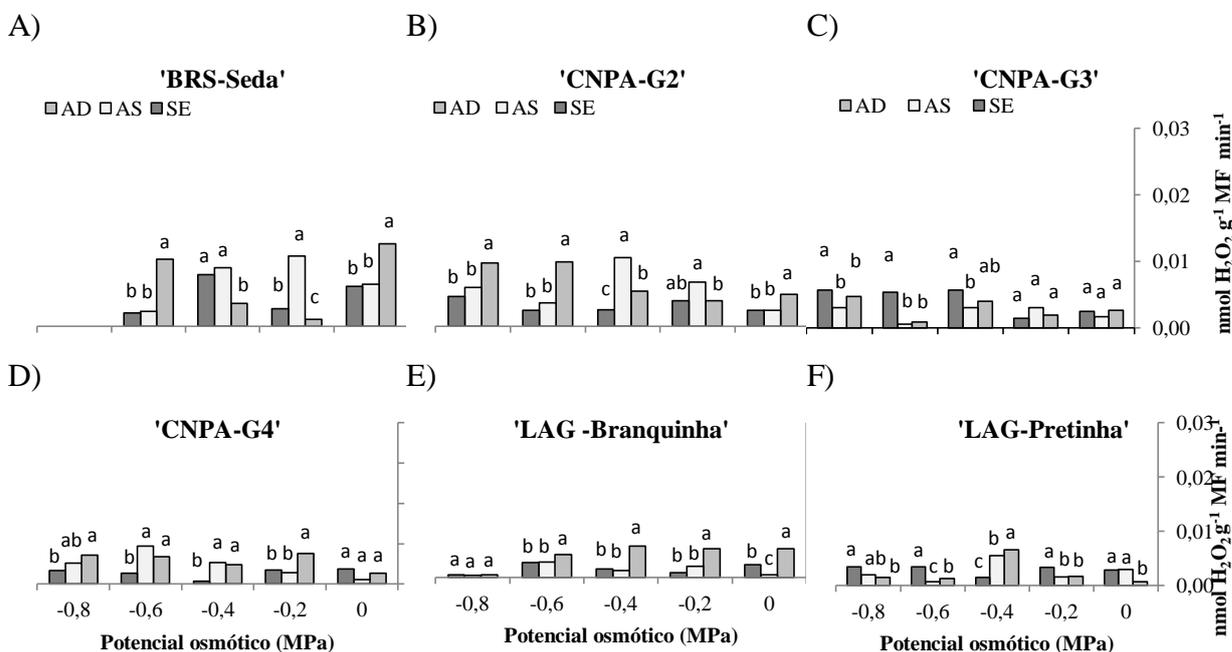


Figura 11. Atividade da catalase (CAT) em plântulas de seis genótipos de gergelim em função de diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial não há diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD - Embebição em água destilada, AS - Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 0,01

Na Figura 12A, constata-se diminuição na atividade da enzima antioxidante superóxido dismutase (SOD) nas plântulas de gergelim nos potenciais osmóticos; as maiores médias foram encontradas nos tratamentos de embebição em AD e AS sendo que as mesmas

não diferiram entre si nos potenciais -0,2 e -0,4 MPa. Por outro lado, o ‘CNPA-G2’ (Figura 12B) foi o genótipo com maior atividade da SOD e com melhor resposta à embebição da sementes em AS, com médias elevadas em todos os potenciais e com maior atuação de AS nesse genótipo. Tal resultado supõe adaptação ao estresse hídrico visto que esta enzima é a primeira na linha de defesa das EROS produzidas nas plantas e tem sua quantidade elevada durante os estresse hídrico (SILVA et al., 2014).

A quantidade de SOD foi menor no ‘CNPA-G3’ (Figura 12C) em relação ao ‘CNPA-G2’. Contudo, no potencial de -0,2 MPa ($0,2550 \text{ UA g}^{-1} \text{ MF min.}^{-1}$) o AS proporcionou elevação na atividade da SOD, assim como houve aumento desta em relação aos valores obtidos no tratamento sem déficit hídrico 0,0 MPa ($0,0210 \text{ UA g}^{-1} \text{ MF min.}^{-1}$). No genótipo CNPA-G4 (Figura 12D) houve aumento na atividade da SOD nos menores potenciais osmóticos em relação à testemunha. Observaram-se médias elevadas da SOD nas plântulas cujas sementes foram tratadas com AS. No genótipo LAG-Branquinha (Figura 12E) houve baixa atividade da enzima em todos os potenciais avaliados quando esses resultados são comparados aos dos demais genótipos.

Entretanto, percebe-se em LAG-Branquinha, aumento na atividade da SOD nos dois primeiros níveis de estresse hídrico -0,2 e -0,4 MPa sendo este aumento de 50% e 100% em relação à testemunha e diminuição nos potenciais seguintes indicando que o sistema antioxidante também não é efetivo em níveis de alto estresse. Na ‘LAG-Pretinha’ (Figura 12F) constatou-se médias elevadas com destaque para a atuação do AS no potencial de -0,8 MPa em que se observou elevação da atividade da SOD nas sementes que tiveram embebição em ácido salicílico.

A atividade da enzima SOD pode ser requerida, mesmo em situações normais, para dismutar espécies reativas de oxigênio evoluídas do metabolismo de açúcares na mitocôndria, sendo, portanto, necessário para a utilização da SOD como marcador bioquímico de parâmetros da atividade da enzima em condições ambientais normais (COSCOLIN et al., 2011).

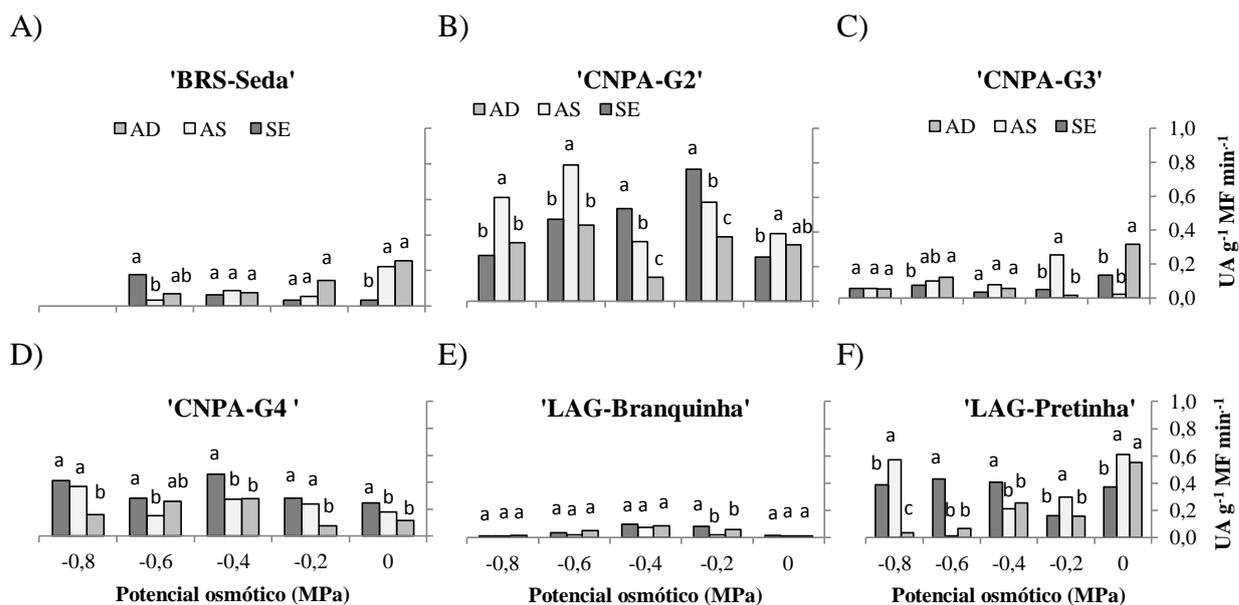


Figura 12. Atividade da superóxido desmutase (SOD) em plântulas de seis genótipos de gergelim em função de diferentes potenciais osmóticos e pré-tratamento de sementes. Campina Grande, PB, 2015. Barras com mesma letra em cada potencial não há diferença estatística entre os tratamentos de embebição de sementes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AD - Embebição em água destilada, AS - Embebição em ácido salicílico, SE - Sem embebição. DMS: 0,24

6. CONCLUSÕES FINAIS

O genótipo BRS Seda não germina em potenciais iguais ou menores que -0,8 MPa, porém germina em outros potenciais menos negativos o que indica que este genótipo apresenta um vigor maior para potenciais abaixo de -0,8 MPa.

A concentração de 10^{-5} M de ácido salicílico promoveu indução de tolerância ao estresse hídrico durante a germinação, sobretudo na linhagem LAG-Branquinha e o genótipo com maior capacidade de tolerância na germinação é o CNPA-G4.

O déficit hídrico aumentou a atividade das enzimas antioxidantes nas plântulas de gergelim e o ácido salicílico atuou de forma positiva para o aumento das atividades enzimáticas principalmente no genótipo 'CNPA-G2' para as enzimas catalase e superóxido dismutase e no 'BRS Seda' para a enzima catalase.

7. REFERÊNCIAS

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.

ADEGBUY, E.; COOPER, S. R. & DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). **Seed Science Technology**, v. 9, n. 3, 867-878, 1981.

ANDERSON, M. D.; PRASAD, T. K.; STEWART, C. R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**, v. 109, n. 4, p.1247-1257, 1995.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Edição do autor. 272 p. 2002.

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.

ARAÚJO, A. C. D.; ALOUFA, M. A.I.; SILVA, A.J. N. D. S.; COSTA, A.A.; SANTOS, I. S.D. 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.

ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; **Coleção 500 Perguntas 500 Respostas**. Campina Grande, Embrapa Algodão, p. 209, 2009.

AUGSTBURGER, F.; BERGER, J.; CENSKOWSKY, U.; HEID, P.; MILZ, J.; STREIT, C. Ajonjolí (Sésamo): parte especializada: producción orgánica de ajonjolí. **Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico**. 1. ed., *Gräffelfi ng*, Alemanha: Naturland, 30 p. 2000.

BANSAL, R.P.; BHATI, P.R.; SEN, D.N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v.22, n.5, p.327-331, 1980.

BEERS JUNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 195, n. 1, p. 133-140, 1952.

BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.121-160. 348 p. 2001.

BELTRÃO, N. E. DE M., ARRIEL, N. H. C., LIMA, R. DE L. S. Clima In: ARRIEL, N.H. C., BELTRÃO, N. E. DE M., FIRMINO, P DE T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 57-68. 2009.

BEZERRA, S. A.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V. D.; SILVA, M. B. R.; SILVA, M. M. D. Produção do gergelim cultivado sob condições de estresse hídrico e diferentes doses de adubação. **Revista Unipinhal**, v. 7, n. 3, p. 156-165. 2010.

BLAKE, L.; FERRELL, W.K. The association between soil and xylem water potential, leaf resistance, and abscisic acid content in droughted seedlings of douglas-fir (*Pseudotsuga mepwiesis*). **Physiologia Plantarum**, v.39, p.106-109, 1977.

BOUREIMA, S., EYLETTERS, M., DIOUF, M., DIOP AND, T. A., VAN DAMME, P. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in Sesame (*Sesamun indicum* L.). **Journal of Environmetral Sciences**, v. 5, n. 6, p.557-564, 2011.

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, 399 p. 2009.

BRUNINI, O; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n. 7, p. 1053-1060, 1998.

CALDWELL, R. W. Sesame meal. In: ALTSCHUL, A. M. (Ed.). **Processed protein foodstuffs**. New York: Academic, p. 535-556. 1958.

CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. O. D.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 755-764, 2011.

CARVALHO, P. R.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.114-124, 2007.

COLMAN, B. A.; NUNES, C. M.; MASSON, G. L.; BARBOSA, R. H.; NUNES, A. S. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2014.

COSCOLIN, R. B. D. S.; BROETTO, F.; MARCHESE, J. A.; CAMPOHERMOSO, M.C.; PALADINI, M.V. Effects of hydric deficiency on gas exchange parameters and metabolism of Eucalyptus grandis clones. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, p. 255-262, 2011.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A. D.; ARANTES, L. O.; OLIVEIRA, D. M.; NERY, F. C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 4, p. 664-670, 2008.

ELLEUCH, M.; BESBES, S.; ROISEUX, O.; BLECKER, C.; ATTIA, H. **Quality characteristics of sesame seeds and by-products**. Food Chemistry, 103:641-650, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012) FAOSTAT Production Crops. [on-line]. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/#DOWNLOAD>> Acessado em: 11 de março de 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p.36-41, 2008.

GADELHA, A. J. F. *et al.* Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 115-118, 2009.

GAMZE, O, D.K. Mehmet and A.Mehmet. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum L.*). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**. v. 29, n. 4, p. 237-242. 2005.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, p.309-14, 1977.

GONÇALVES, K. S.; SOUSA, A. P.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; PAZ, V. P. S. Application of potassium phosphite to eucalyptus submitted to water stress. in: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2014, Fortaleza, CE, Brasil. **Anais...Fortaleza Inovagri international meeting**, 2014.

GUIMARÃES, M. D. A.; DIAS, D. C. F. D. S.; LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes. **Revista Tropicana – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 2, n. 1, p. 31, 2008.

HUANG, B. Drought resistance mechanisms of seven warm season turf grass under surface soil drying. **Crop Science**, 37: 1858-1863. 1997.

HWANG, L.S. Sesame oil. In: Shahidi F (Ed.) **Bailey's Industrial Oil & Fat Products**. 6th ed. New York, Wiley-Interscience. p.537-75,2005.

IAC - Instituto Agronômico de Campinas (2010) Cultivares. **Cultura de gergelim**. Disponível em: <<http://www.iac.br/cultivares/inicio/Folders/Gergelim/IACouro.htm>>. Acessado em: 13 de Março de 2013.

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.

KADKHODAIE, A.; RAZMJOO, J.; ZAHEDI, M. Peroxidase, Ascorbate Peroxidase and Catalase activities in Drought Sensitive, Intermediate and Resistance Sesame (*Sesamum indicum L.*) Genotypes. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 11, p. 3012-3021, 2013.

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. **Guanabara Koogan**, 2.edição, 431 p., 2008.

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 and Biology**, v. 11, n. 1, p. 100-105, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531 p. 2000.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, v.36, p.331-335, 1996.

LIMA, F. A.; SOUSA, G. G. D.; VIANA, T. V. D. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. D.; CARVALHO, C. M. D. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, p.102-111, 2011.

MARAGHNI, M., M. GORAI AND M. NEFFAT. Seed germination at diferente temperatures and water stress levels and seedling emergente from diferente depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**., v. 76 p.453-459, 2010.

MAZZANI, H.; LAYRISSE, H. Características químicas del grano de cultivares de ajonjolí seleccionados de la colección venezolana de germoplasma. **Agronomía Tropical**, v. 48, n. 1, p. 5-18. 1998.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studyng physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v.29, p.353-360, 1989.

MENSAH, J. K., OBADONI, B. O., ERUOTOR, P. G., ONOME-IRIEGUNA, F. Simulated flooding and Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 13, p. 1249-1253, 2006.

MESQUITA, J. B. R.; AZEVEDO, B. M.; CAMPELO, A. R.; FERNANDES, C. N. 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. 364-375-375, 2013.

NAMIKI, M. The chemistry and physiological functions of sesame. **Food Reviews International**, v. 11, n. 2, p. 281-329, 1995.

NIVEDITHADEVI, D.; SOMASUNDARAM, R.; PANNERSELVAM, R. Effect of abscisic acid, paclobutrazol and salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum Trilobatum*. **International Journal of Drug Development e Research**, v. 4, n. 3, p. 236-246, 2012.

NOREEN, S.; ASHRAF, M.; HUSSAIN M.; JAMIL, A. Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n.1, p. 473-479, 2009.

PEREIRA, W. P.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. D. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 93-98, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 191 p. 2004.

PINTO, C.M. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, UFC, Fortaleza, 2006.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Agropecuária Técnica**, v. 35, n.1, p. 31-40, 2014.

PIRES, R. M. D. O. **Ação protetora do óxido nítrico em sementes de gergelim (*sesamum indicum L.*) submetidas a diferentes condições de estresse**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2014.

QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. S.; QUEIROGA, D. A. N. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum L.*). **Revista Agroambiente**, v. 3, n. 2, p.106-121, 2009.

RAMOS JÚNIOR, E.R.; MACHADO, R.A.F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G. & RAMOS, B.M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 47-56, 2013.

SAMBATTI, J. B. M.; CAYLOR K. K. When is breeding for drought tolerance optimal if drought is random. **New Phytologist**, v.175, n. 1, p.70-80, 2007.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. D. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013.

SALEHPOUR, M., A. EBADI, M. IZADI AND SH. JAMAATI-E-SOMARIN. Evaluation of Water stress and nitrogen fertilizer effects and relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris L.*) under hydroponics conditions. **Reseach Journal of Environmental Science**, v.3 p. 103-109, 2009.

SILVA, A. R. F. **Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica**. 2014. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2014.

SOUZA, J.G.; BELTRÃO, N.E.M.; SANTOS, J.W. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.4, n.3, p.163-168, 2000.

SUASSUNA, J. F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 137p, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed. 828p. 2009.

THERIOS, I. N. Effects of temperature, moisture stress and pH on the germination of seeds of almond (*Prunus amygdalus*). **Seed Science Technology**, v.10, p.585-594, 1982.

TEIXEIRA, R. N.; TOLEDO, M. Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 42-51, 2011.

VERSLUES, P. E. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, p. 523-539, 2006.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660 p.

ANEXOS

Tabela 1 - Síntese da análise de variância para a porcentagem de germinação (PG) (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) em genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes. Campina Grande- PB, 2015.

Fator de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		PG (%)	IVG
Genótipo (G)	5	48318,1405**	1866,7821**
Embebição (E)	2	32,7299**	2,7308**
Potenciais (P)	4	2010,6959**	115,0921**
G x E	20	2283,5191**	67,8191**
G x P	10	524,7145**	13,7406**
P x E	8	779,3737**	25,4639**
G x E x P	39	465,3146**	18,3728**
Resíduo	267	31317,9776	2055,8902
CV(%)		12,25	18,74

**,* = Significativo a 1 e a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Síntese da análise de variância para o Comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento radicular (CR) ambos em cm, em genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes. Campina Grande- PB, 2015.

Fator de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		CPA (cm)	CR (cm)
Genótipo (G)	5	97,4422**	50,3028**
Embebição (E)	4	0,1381*	0,2619**
Potenciais (P)	2	0,4322**	2,1654**
G x E	20	12,4098*	9,8995**
G x P	10	0,5146**	0,6758**
P x E	8	1,4112**	1,5197**
G x E x P	39	1,0657**	1,5843**
Resíduo	267	84,3873	89,2337
CV(%)		20,00	26,55

**, * = Significativo a 1 e a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Síntese da análise de variância para atividade das enzimas Catalase – CAT e superóxido dismutase – SOD em genótipos de gergelim submetidos a diferentes potenciais osmóticos e tratamento de sementes. Campina Grande- PB, 2015.

Fator de Variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		CAT	SOD
Genótipo (G)	5	0,1- E6**	1,0721**
Embebição (E)	2	0,57-E4**	0,0040*
Estresse (P)	4	0,42-E ⁴ **	0,0294**
G * E	10	0,31-E4**	0,0980**
G * P	20	0,54-E4**	0,1110**
P * E	8	0,54-E4**	0,0676**
G * E * P	40	0,52-E4**	0,05633**
Resíduo	180	0,88-E4	0,0406
CV(%)		32,15	30,69

**, * = Significativo a 1 e a 5% de probabilidade de erro