



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

AUTA PAULINA DA SILVA OLIVEIRA

**SILÍCIO COMO INDUTOR DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO
NAS FASES DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE
FEIJÃO-CAUPI**

CAMPINA GRANDE-PB

2017

AUTA PAULINA DA SILVA OLIVEIRA

**SILÍCIO COMO INDUTOR DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO NAS
FASES DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de biologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito para Obtenção do título de licenciatura plena em Ciências Biológicas.

ORIENTADOR (a): Alberto Soares de melo.

CAMPINA GRANDE-PB

2017

É expressamente proibido 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 do trabalho.

O48s Oliveira, Auta Paulina da Silva.

Silício como indutor de tolerância ao déficit hídrico nas fases de germinação e crescimento inicial de feijão-caupi [manuscrito] : / Auta Paulina da Silva Oliveira. - 2017.

31 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Biologia - CCBS."

1. *Vigna unguiculata* (L). 2. Estresse oxidativo. 3. Análise enzimática. 4. Feijão-caupi.

21. ed. CDD 581

AUTA PAULINA DA SILVA OLIVEIRA

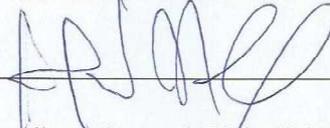
SILÍCIO COMO INDUTOR DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO NAS
FASES DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de biologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito para Obtenção do título de licenciatura plena em Ciências Biológicas.

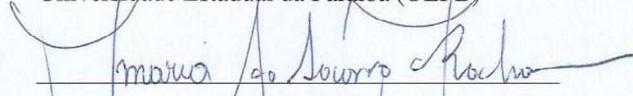
Área de concentração: Ciências Biológicas

Aprovada em: 07/12/2017

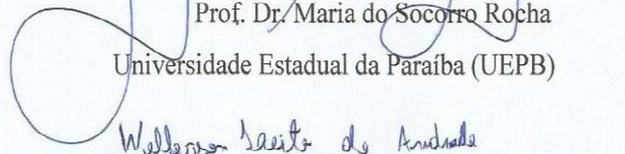
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Maria do Socorro Rocha
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Msc. Wellerson Leite de Andrade
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, irmãos, demais familiares, professores, amigos e todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Á Deus todo poderoso onisciente, onipotente, e onipresente pela proteção e sabedoria concedida a mim;

Á minha família por toda paciência oração e conselhos durante minha jornada acadêmica.

Á minha mãe, meu tesouro, por todo apoio, pela compreensão, por enfrentar cada obstáculo junto a mim, pelas suas orações poderosas que me fizeram se sentir forte mesmo frágil, pelos seus conselhos, pela sua dedicação e esforço para me manter na graduação.

Á Alberto Soares de Melo por todo apoio, por ter me acolhido no ECOLAB, por ter me orientado neste trabalho e por todo apoio e incentivo.

Á Maria do Socorro Rocha pelos conselhos, pelos ensinamentos e por me orientar no meu primeiro projeto de iniciação científica;

Á Yuri Lima Melo por todo apoio, paciência e compreensão nas minhas ausências no ECOLAB, por todo auxílio nas minhas análises e por estar sempre presente, me auxiliando, tirando minhas dúvidas e sempre disponível para me ajudar.

Á minha amiga Monaliza, por ser meu refúgio durante a graduação, por acompanhar meus passos e vibrar ou entristecer-se junto a mim diante das vitórias, conquistas e dificuldades.

Á meu amigo Alef por todo apoio e cumplicidade durante a graduação, por ter me proporcionado momentos de alegria e descontração.

Á todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica.

Á UEPB/ CNPq, pela concessão de uma bolsa referente ao projeto de iniciação científica (PIBIC), assim como a disponibilidade do espaço e equipamentos para montagem, desenvolvimento e análises bioquímicas do meu projeto.

Ao meu namorado por todo amor, apoio e companheirismo.

Aos meus irmãos de laboratório, em especial a Duval Chagas da Silva e Wellerson Leite de Andrade, por todo apoio, paciência, cumplicidade e parceria.

Aos meus colegas de classe por terem me aguentado durante cinco anos, me apoiando e me ajudando nos momentos difíceis.

Nunca deixe se levar pelo desespero,
siga até o fim! (O Rappa)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	<i>Feijão-caupi.....</i>	<i>11</i>
2.2	<i>Complexo antioxidante.....</i>	<i>13</i>
2.2.1	<i>Superóxido dismutase.....</i>	<i>13</i>
2.2.2	<i>Ascorbato peroxidase.....</i>	<i>14</i>
2.2.3	<i>Catalase.....</i>	<i>14</i>
2.2.4	<i>Prolina.....</i>	<i>14</i>
2.2.5	<i>Silício.....</i>	<i>15</i>
3	METODOLOGIA.....	15
4	RESULTADOS E DUSSCUSSÃO.....	20
4.1	<i>Índice de velocidade de germminação.....</i>	<i>20</i>
4.2	<i>Porcentagem de germinação.....</i>	<i>21</i>
4.3	<i>Altura das plântulas.....</i>	<i>22</i>
4.4	<i>Fitomassa seca total.....</i>	<i>23</i>
4.5	<i>Atividade enzimática do complexo antioxidante.....</i>	<i>25</i>
4.6	<i>Teor de Prolina livre</i>	<i>27</i>
5	CONCLUSÕES.....	28
6	REFERÊNCIAS.....	30

SILÍCIO COMO INDUTOR DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO NAS FASES DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO-CAUPI

Auta Paulina da Silva Oliveira*

RESUMO

O Feijão-caupi, também conhecido como: feijão fradinho ou feijão macassar, tem grande importância nas regiões onde é cultivado. É difundido nas regiões semiáridas nordestinas, principalmente pela sua adaptação à seca, podendo ser submetido a estresses múltiplos. O estresse provoca modificações na composição das células das plantas superiores, levando em muitos casos à produção e acúmulo de substâncias que alteram seus processos metabólicos, as EROs (espécies reativas de oxigênio), assim como a produção de substâncias osmoticamente ativas, na tentativa de amenizar seus danos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a embebição de sementes de feijão-caupi em silício (1mM), como indutor de tolerância ao déficit hídrico no genótipo BR 17 gurguéia, com o intuito de observar algumas variações bioquímicas ocorridas durante a interação do estresse com o atenuador, no período de pré- sementeira, emergência e crescimento inicial. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB), localizado no Complexo Integrado de Pesquisa Três Marias, pertencente à Universidade Estadual da Paraíba. O Experimento foi desenvolvido com fatorial 3x5 contando com embebições na pré-semeadura (SE = sem embebição; ES = embebição em silício (1 mM) e EAD = embebição em água destilada) e 5 potenciais osmóticos. O déficit hídrico induzido por Polietinoglocol 6000 (PEG 6000) causa decréscimo no crescimento inicial das plantas de feijão-caupi. As atividades de prolina possuem um aumento significativo no potencial osmótico mais negativo (-0,8 Mpa), o que leva-nos a concluir que as enzimas foram degradadas ou ocorreu uma maior produção de prolina.

Palavras-Chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Estresse oxidativo. Análise enzimática.

1 INTRODUÇÃO

O Feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., pertence a família *Fabaceae*. Trata-se de uma leguminosa fundamental para a alimentação de caráter anual, é fonte de proteína vegetal, principalmente das populações rurais da região norte e nordeste do Brasil. Apesar da sua cultura difundida no Brasil, sua provável origem situa-se na África, nas regiões central e oeste. (SANTOS, et al. 2011).*

* Aluna de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I
E-mail: autapaulina@outlook.com

O seu cultivo apresenta grande valor econômico, porém sua cultura possui sensibilidade ao frio e ampla adaptação a estiagem, o que possibilita seu bom desempenho e sua alta produtividade em ambientes secos, com baixa disponibilidade hídrica. Sendo assim, tem grande representatividade na cultura brasileira e nordestina. (FONTES et al. 2010; COLMAN et al., 2014).

O Feijão-caupi, também conhecido como: feijão fradinho, feijão macassar, feijão de corda, feijão sertanejo, dentre tantos outros nomes vulgares, tem grande importância nas regiões onde é cultivado. O cultivo do feijoeiro é desenvolvido não só para alimentar a economia brasileira e de outros países onde o mesmo é cultivado, pois trata-se de um dos produtos principais para a agricultura familiar.

Situações ambientais diversas, como temperaturas extremas, umidade, alta radiação luminosa e deficiência de nutrientes, podem ocasionar estresse múltiplo nas plantas (STOYANOVA e YORDANOV , 2000). Na região semiárida brasileira, o regime de chuvas, concentrado num período de 3 a 4 meses por ano, é marcado por forte irregularidade interanual. As temperaturas médias variam de 23°C a 27°C e a insolação anual chega a 2.800 horas. Isto determina altas taxas de evapotranspiração, configurando estresse hídrico em quase toda a região (SILVA et al, 2011).

A deficiência hídrica é um dos mais severos estresses ambientais, pois ocasiona efeitos evidentes no crescimento e no rendimento das culturas, limitando o desenvolvimento urbano, industrial e agropecuário (SANTOS JÚNIOR et al., 2011). Além disso, provoca perda da homeostase hídrica e afeta os processos de absorção e manutenção do acúmulo de água nos tecidos.

Os efeitos provocados nos vegetais refletem sobre a expansão e divisão das células, afeta o funcionamento de enzimas, a nutrição mineral, a condutância estomática, a fotossíntese, a síntese de solutos compatíveis, desencadeia danos celulares e leva a desidratação e perda de turgescência (D'SOUZA & DEVERAJ, 2010; FLOWERS et al., 2014).

A redução da taxa pluviométrica no semiárido conseqüentemente reduzirá a produtividade das plantas, causando a deficiência hídrica em algum dos seus estádios de desenvolvimento, porém a planta poderá ativar mecanismos de defesa e ajustes osmóticos, através de atenuadores endógenos ou exógenos, como o silício usado na forma de silicatos, afim de atenuar o estresse imposto no vegetal.

A fase inicial do feijoeiro, assim como das demais plantas é crucial para o seu desenvolvimento, visto que, trata-se da fase fenológica mais sensível ao déficit hídrico. As reservas nutritivas provenientes da semente são utilizadas e o pequeno vegetal inicia seus processos metabólicos com a dependência de água para o desenvolvimento da plântula, assim como taxas ótimas de temperatura e luminosidade.

Durante um estresse hídrico, a redução na disponibilidade de água para processos associados ao transporte, conduz a mudanças na concentração de muitos metabólitos, seguidas por distúrbios nos hidratos de carbono e no metabolismo de aminoácidos (OSBERT et al., 1995). O estresse provoca modificações na composição das células das plantas superiores, levando em muitos casos à produção e acúmulo de substâncias que alteram os processos metabólicos dos vegetais, as EROs (espécies reativas de oxigênio), assim como a produção de substâncias osmoticamente ativas, na tentativa de amenizar os danos causados pelas EROs.

A osmorregulação, é um componente de grande importância no processo de tolerância à seca em várias espécies, (SUBBARAO et al., 2000). Uma das características marcantes de mudança nas proporções dos aminoácidos é o frequente aumento na concentração de prolina, que se dão por distúrbios no metabolismo das proteínas (LARCHER, 2000), e pela manutenção, provável, no potencial hídrico da folha, que em contrapartida aumenta o teor deste aminoácido, no sentido de se ajustar osmoticamente e defender as plantas da desidratação (COSTA, 1999).

Acréscimos nos níveis da atividade proteolítica, em resposta à seca, são consistentes com a ideia de que a diminuição de proteína é resultado da degradação de proteínas (HEING, 2004). Dessa forma, sob déficit hídrico teremos alteração na composição das enzimas Ascorbato peroxidase (APX), superóxido desmutase (SOD), catalase (CAT) dentre outras, e, um suposto aumento do aminoácido prolina que em quantidade excessivas é um possível indicador de estresse hídrico nas plantas.

Atualmente torna-se necessário o uso de algumas substâncias endógenas ou exógenas como o silício, com o intuito de melhorar e atenuar as condições fisiológicas e bioquímicas das plantas nas condições de estresses e distúrbios ambientais que limitam e afetam negativamente a produtividade agrícola (DEUNER et al, 2011).

Os estresses abióticos tem proporcionado interesse nos ramos das pesquisas agrícolas no intuito da busca e descoberta de cultivares que sejam mais adaptadas as condições pouco favoráveis e mais produtivas. Tais estresses são fatores considerados

como os mais prejudiciais as plantas, limitado a produção a nível mundial (MONNTEIRO et al, 2014).

Diante da perspectiva abordada, o trabalho teve como objetivo avaliar a embebição de sementes de feijão-caupi em silício, como indutor de tolerância ao déficit hídrico proporcionado pelo polietinoglicol 6000 no genótipo gurguéia, com o intuito de observar algumas variações bioquímicas ocorridas no vegetal durante a interação do estresse com o atenuador no período de pré-semeadura e emergência.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Feijão-caupi

O feijoeiro apresenta exigências nutricionais para seu bom desempenho, devido o seu sistema radicular não ser muito extenso e seu ciclo de vida ser curto (ROSOLEN E MARUBAYASHI,1994). O feijoeiro caupi apresenta inúmeras vantagens para seu cultivo, apresenta-se bem adaptado as condições do clima e solo brasileiro no qual é altamente difundido como fonte de proteína vegetal (AZEVEDO, KIDO e ISEPPON, 2007).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é conhecido vulgarmente por vários nomes, dentre eles: feijão de corda, macassar, sertanejo e fradinho. Tais denominações fazem referência aos diferentes genótipos apresentados e suas respectivas colorações e tamanhos. O caupi possui grande representatividade nas regiões do norte e nordeste por ser cultivado principalmente por pequenos produtores, os quais podem consumir a totalidade de 100% da sua produção. Sendo assim, torna-se a principal fonte proteica e de renda dos agricultores (ASSUNÇÃO et al, 2005).

A África destaca-se como maior produtor da leguminosa feijão-caupi, cuja produtividade chega a ultrapassar de 350 kg por hectares. Em solos brasileiros, principalmente na região norte e nordeste, o feijão-caupi é altamente cultivado, a região apresenta maior área de cultivo deste vegetal, cuja produtividade pode chegar a 300 kg por hectares (FONTES, 2010). O cultivo do caupi é realizado nas regiões do norte e nordeste do Brasil principalmente por pequenos agricultores, seu bom desempenho deve-se ao seu ciclo de 60 a 80 dias e seu desenvolvimento em solos pobres em nutrientes (FERREIRA, 2017).

A condição de sequeiro, imposta pelas condições climáticas, com alta luminosidade, altas temperaturas e baixas taxas hídricas características do semiárido, caracteriza uma das técnicas mais difundida. O caupi pode ser considerado uma das

leguminosas de maior adaptabilidade, possui característica versátil, por apresentar vários genótipos e possuem bom desempenho em regiões áridas, além da função nutritiva, que supre as necessidades de proteínas, energias e fibras minerais e vegetais necessária para as populações que o consomem. Além da África e Brasil o feijoeiro caupi é altamente difundido em várias partes do mundo como, Ásia, Estados Unidos da América, Oriente Médio e América Central (FERREIRA et al., 2017).

A baixa disponibilidade hídrica, associada a redução dos nutrientes oriundos do solo, causa no caupi várias alterações, como a plasticidade fenotípica ou aclimatação, redução da área foliar e diminuição da produtividade, cujas plantas podem ser acometidas com algum patógeno, submetida a diversas condições estressantes, que podem limitar sua produção (ASSUNÇÃO et al., 2005).

2.2 Complexo antioxidante

O complexo antioxidante nos vegetais trata-se de uma forma de minimizar os danos causados por espécies reativas de oxigênio, resultantes dos processos metabólicos realizados na respiração celular e fotossíntese. As espécies reativas de oxigênio, também conhecidas como EROs, podem ser produzidas em situações estressantes para as plantas, oriundas de estresses térmico, hídrico, luminoso (TAIZ, 2017).

Os efeitos primários dos estresses podem causar alterações nas propriedades químicas e físicas da célula, entretanto, os efeitos secundários apresentam-se mais deletérios, cuja resposta do vegetal pode ser alteração na sua integridade celular, ou morte celular. Para evitar ou amenizar as perdas do vegetal para o ambiente, seu próprio metabolismo apresenta um sistema de reparo, induzido por várias enzimas dentre elas pode-se destacar: superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e aminoácido prolina.

2.2.1 Superóxido Dismutase

Superoxido dismutase, ou SOD trata-se de uma das principais enzimas do complexo antioxidante. É o primeiro mecanismo de defesa contra as espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais podem ser originadas pela adição de elétrons ao oxigênio formando oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$) e formação de radicais hidroperoxila (HO_2), por exemplo (BARBOSA, et al, 2014). São responsáveis por catalisar a reação de dismutação de radicais superóxidos livres, os quais são oriundos de diversas partes da célula, produzindo como resultado da sua reação o peróxido de hidrogênio, sendo assim

funcionam como moduladoras de peróxido de hidrogênio na célula (DUTRA et al, 2011; ROSSI, 2012; BARBOSA, et al, 2014).

2.2.2 Catalase

A catalase é uma das enzimas principais do complexo antioxidante formado a partir da respiração aeróbica dos organismos vegetais, a mesma atua de forma similar a ascorbato peroxidase eliminando o peróxido de hidrogênio oriundos da fotorrespiração (ciclo C2), convertendo-o em água e moléculas de oxigênio (DUTRA et al, 2011; ROSSI,2012;). Devido as suas isoformas, a catalase poderá dismutar diretamente o peróxido de hidrogênio ou agir sob outros substratos como metanol e etanol. A atividade de CAT ocorre sem moléculas redutoras, é fundamental em condições de altas taxas de H_2O_2 , induzidas principalmente por estresses severos nos vegetais (BARBOSA et al, 2014).

2.2.3 Ascorbato peroxidase

Diferentemente da catalase, a ascorbato peroxidase (APX) necessita de moléculas redutoras, que reagem e proporcionam a quebra da molécula de H_2O_2 em oxigênio e água. O seu agente redutor é o ácido ascórbico, substância cujo potencial de afinidade pelo peróxido de hidrogênio é alto (BARBOSA et al, 2014).

2.2.4 Prolina

A prolina trata-se de um dos osmólitos principais que se acumulam em uma variedade de espécies de plantas como o feijão-caupi, por exemplo. Tal acúmulo deve-se a resposta aos diversos estresses ambientais como a restrição hídrica, a salinidade, temperaturas extremas, alta intensidade luminosa e exposição a metais pesados (ASHRAF E FOOLAND, 2007).

A prolina atua na omeostase celular, no equilíbrio redox e também no estado energético do vegetal, a mesma também terá função sinalizadora no metabolismo vegetal(SZABADOS e SAVOURÉ, 2010). O acúmulo deste aminoácido pode estar relacionado a degradação de enzimas do complexo antioxidante (SOD, CAT, APX,) ou simplesmente ser produzido em quantidades maiores na decorrência de algum estresse.

2.2.5 Silício

O silício trata-se de um composto abundante na terra, presente principalmente nas formas de silicatos, podendo ser usado como fertilizantes ou atenuadores nos vegetais, devido a sua atuação benéfica, induzindo a tolerância aos diferentes tipos de estresse, proporcionando maior atuação de enzimas do complexo antioxidante e auxiliando no ajustamento osmótico. (EPSTEIN e BLOOM, 2006; IMTIAZ et al, 2016).

De acordo com os conceitos de essencialidade dos nutrientes minerais, o Si não seria considerado um nutriente essencial, pois as plantas conseguem completar o seu ciclo de vida sem a sua presença, e também porque o Si não participa da constituição de nenhuma molécula essencial à planta, porém sua atuação é benéfica se associada da forma correta ao vegetal (TEXEIRA et al. 2008)

O efeito positivo do silício já foi demonstrado em várias espécies vegetais, principalmente quando estão submetidas a algum tipo de estresse por fatores bióticos e abióticos. Esse composto atua diretamente na redução da taxa de transpiração, através da sílica que depositada entre as células possibilita maior resistência do vegetal, agindo contra agentes patógenos (GUEDES, et al, 2015). Além de atenuador de estresse, o silício também é considerado como uma tecnologia ambientalmente correta, cujo potencial contra o ataque de inseticidas é altíssimo (MIRANDA et al., 2010; DALASTRA et al, 2011).

O silício pode trazer inúmeras vantagens para agricultores com o bom desenvolvimento do vegetal. Apresenta baixo custo, melhora na fotossíntese e tolerância ao estresse hídrico (CAMARGO et al., 2010), sendo o seu uso vantajoso nas condições do semiárido nordestino, onde as taxas pluviométricas são baixas, com alta restrição hídrica e altas intensidades luminosas.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB), localizado no Complexo Integrado de Pesquisa Três Marias, pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Campina Grande – PB, situado na Rua Juvêncio Arruda, s/n, Bairro universitário (07° 12' 42,99'' latitude sul, 35° 54' 36,27'' longitude oeste) a uma altitude de 521 metros, durante os meses de maio a dezembro de 2016.

O Experimento foi desenvolvido com fatorial 3x5 contando com 3 condições na pré-semeadura (SE = sem embebição; ES = embebição em silício (1 mM) e EAD = embebição em água destilada, durante o período de 8 horas) e 5 potencial hídricos, induzidos por polietilenoglicol 6000, durante a germinação e o crescimento inicial (-0,8; -0,6; -0,4, -0,2 e 0 MPa, para o potencial de 0 MPa foi utilizado apenas a água destilada), que fatorialmente combinados resultaram em 45 tratamentos.

Inicialmente foi realizada uma triagem das sementes com o objetivo de eliminar aquelas que continham danos visíveis a olho nú, sendo inviáveis para o experimento (Figura A). Após a triagem, as sementes foram pesadas e transferidas para um rolo giratório, construído de tubo de PVC, juntamente com fungicida (Captan®) na dosagem de 0,22 g 100 g⁻¹ de sementes, mantendo-o sob rotação durante 5 minutos e, em seguida, as sementes permaneceram em repouso por 24 horas.

Após o período de 24 horas, as sementes foram divididas em três lotes, sendo dois deles envolvidos em papel toalha na forma de rolos para posterior embebição em solução de silício a 1mM por um período de 8 horas (Figura B). O terceiro lote foi mantido em um recipiente protegido pelo mesmo período, para evitar alterações na umidade das sementes e contato com agentes patógenos.

Após o período de embebição, todas as sementes foram distribuídas em caixas de acrílico (gerbox), sob dois papéis germitest cada uma contendo 25 sementes (MONTEIRO, 2014). Após a alocação das sementes, as mesmas foram cobertas com um terceiro papel germitest e fechadas com filme plástico. Em seguida, pesadas em balança analítica, obtendo a massa do conjunto caixa + papel germitest + sementes + filme plástico (Figura C).

O valor encontrado para o conjunto mencionado anteriormente foi utilizado como base para a reposição hídrica diária. Por fim, as caixas foram alocadas em câmara de germinação, tipo B.O.D (Figura D), regulada a 27 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas (BRASIL, 2009), onde permaneceram durante 14 dias. O consumo hídrico foi monitorado diariamente no período da manhã, por meio da pesagem das caixas contendo as sementes e a reposição de água foi efetuada até atingir a massa inicial do conjunto caixa + papel germitest+ sementes+ filme plástico.

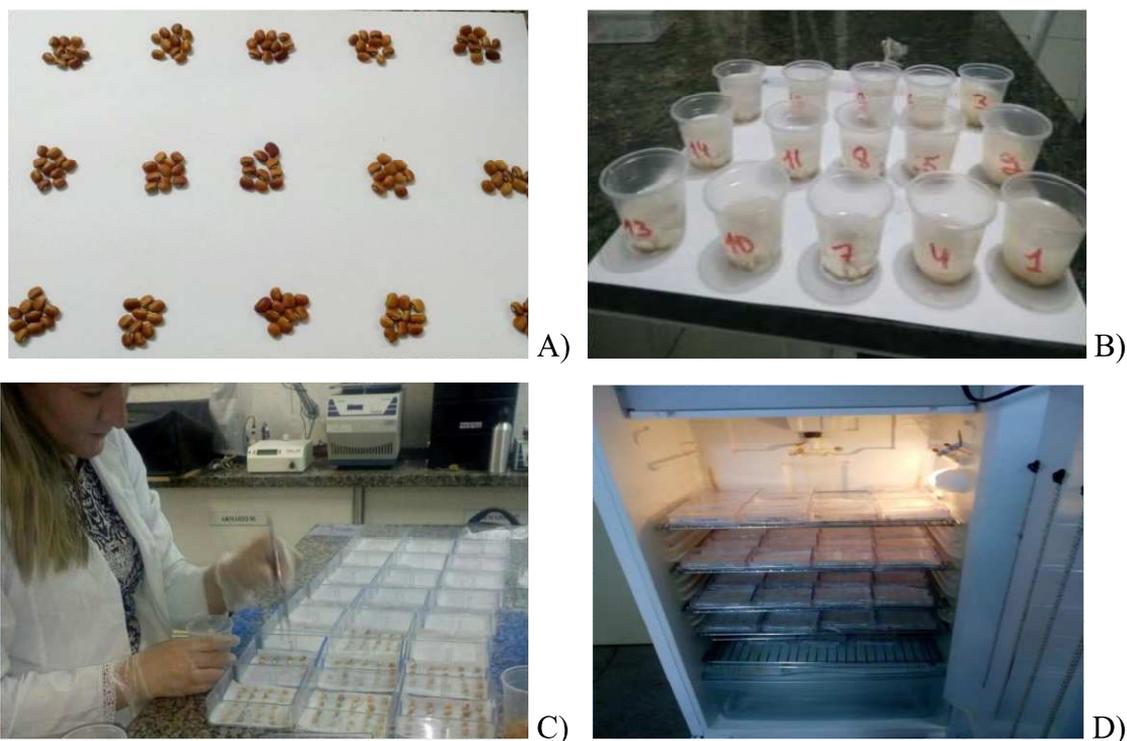


Figura A, B, C e D. Triagem das sementes de feijão-caupi genótipo BR 17 Gurgueia (A). Embebição das sementes nos tratamentos-embebição em silício, embebição em água destilada e sem embebição (B). Distribuição das sementes em caixas de acrílico- gerbox (C). Alocação das caixas na câmara de germinação- B.O.D (D) Fonte: Autor, maio de 2017.

A determinação da quantidade de polietilenoglicol (PEG 6000) necessária para cada solução osmótica foi realizada utilizando-se da equação proposta por Michel e Kaufmann (1973), com a qual se obteve os seguintes valores: 88,715 g de água para o potencial negativo de -0,8 MPa, 53,505 g ; -0,6 MPa e 35,872 g ; -0,4 MPa, 35,668g e -0,2 MPa, 23,714. A diluição foi realizada em 200 mL de água destilada (25° C) sendo, em seguida, acrescido de 100 mL do mesmo solvente. As soluções preparadas foram mantidas na temperatura ambiente para que não houvesse alteração na sua composição química.

Durante 13 dias, no mesmo horário (pela manhã), foram realizadas as contagens de emergência e germinação das sementes (Figura E), considerando como germinadas as sementes que emitissem a radícula com extensão mínima de 2 mm de comprimento (FORTES, 2009). Com posse desses dados, foi realizado o cálculo da porcentagem final de germinação (G) e do índice de velocidade de germinação (IVG) (CARVALHO e CARVALHO, 2009). Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre a germinação das sementes foram obtidas a porcentagem de sementes germinadas (G) (%) e o índice de velocidade de germinação (IVG).

Após a aferição dos comprimentos (Figura F), as partes da plântula (Altura plântula) foram organizadas, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e alocadas em estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 60 °C durante 48 horas. Ao final, obteve-se, por meio de pesagem em balança analítica, a fitomassa seca total (FST), assim como a separação do material para as análises bioquímicas de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e prolina (PRO) (Figura G).

Para a extração enzimática, 200 mg de material fresco (folha) foram triturados, separadamente (Figura I), em 2 mL de tampão fosfato de potássio (concentração final 50 mM e pH final 7) acrescido de ácido ascórbico (0,1 mM), EDTA (0,1 mM) e polivinilpirrolidona (5%). Em seguida os extratos foram centrifugados a 20000 g e temperatura de - 4 °C durante 15 minutos. O sobrenadante foi aspirado, alocados em tubos tipo eppendorf e mantidos em refrigerador até o momento das análises.

A atividade de CAT foi medida seguindo a oxidação de H₂O₂ a 240 nm. A reação enzimática do extrato foi determinada na presença de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0) contendo 20 mM de H₂O₂. A reação foi monitorada a cada 15 segundos à absorvância de 240 nm durante 90 segundos (Sudhakar et al., 2001). A atividade da CAT foi expressa em $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ MF}^{-1} \text{ min}^{-1}$. A concentração de prolina foi determinada segundo a metodologia descrita por Bates (1973), na qual a prolina foi determinada com base em curva padrão de L-Prolina, com seus resultados expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de massa fresca e a leitura realizada em espectrofotômetro a 520 nm de absorvância.

A atividade da dismutase do superóxido (SOD) foi determinada pela inibição da foto-redução do cloreto trotetrazólio azul (NBT). Retirou-se de 0,1 mL do extrato proteico o qual foi transferido para tubos de ensaio contendo meio de reação composto por tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), EDTA 0,1 mM, L-metionina 13mM e NBT 75 μM . A reação foi iniciada pela adição de riboflavina 2 μM , seguido da iluminação do meio de reação com lâmpadas fluorescências de 30W em caixa fechada. Após 5 min, a reação foi interrompida pelo desligamento das luzes e as leituras foram realizadas a 560 nm. Uma unidade de atividade da SOD foi expressa em $\text{UA g}^{-1} \text{ MS min}^{-1}$.

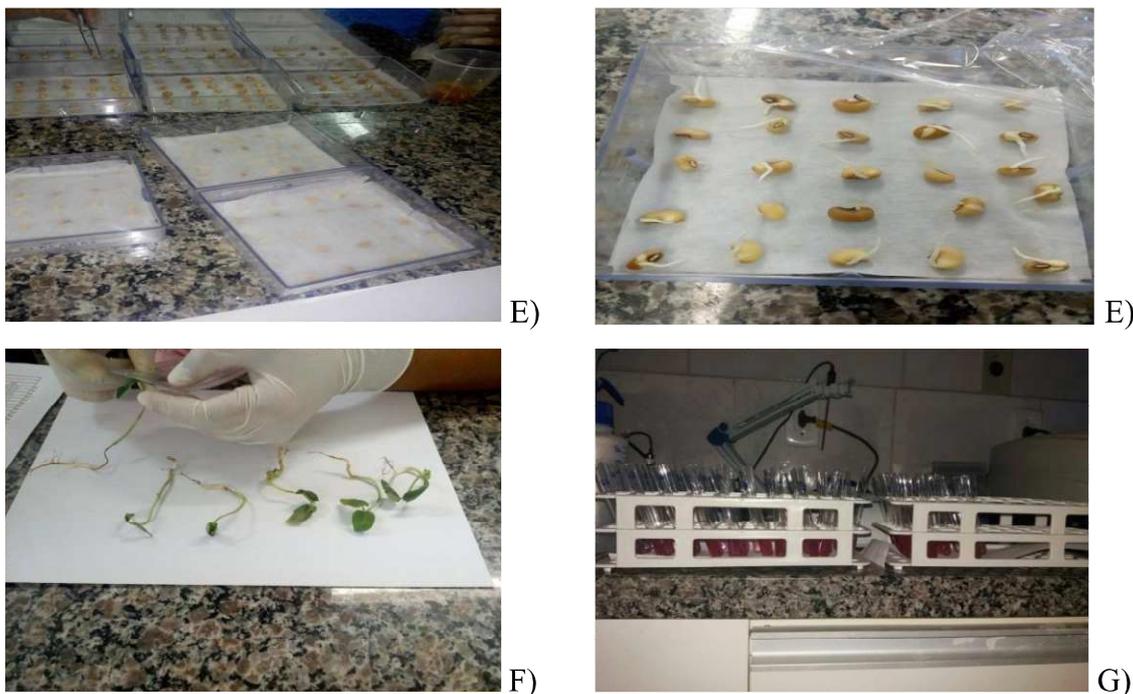


Figura E, F e G. Contagem de emergência e germinação das sementes (E). Aferição do comprimento das plântulas (F). Ilustração de um dos momentos das análises enzimáticas (G). Fonte: Autor, maio de 2017.

Para a mensuração da atividade de ascorbato peroxidase (APX), o consumo de ascorbato foi detectado pelo decréscimo da absorbância a 290 nm, foram utilizados 0,1 mL do extrato, o líquido foi transferido para tubos de ensaio contendo 2,7 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,0) e L-ascorbato 0,8 mM para realizar a reação. A reação foi iniciada pela adição de H_2O_2 mM e a atividade enzimática foi expressa em $\mu\text{mol ascorbato g}^{-1} \text{MS min}^{-1}$. A quantificação da prolina livre nos tecidos foi realizada pelo método colorimétrico proposto por Bates et al. (1973), modificado por Bezerra Neto e Barreto (2011).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, sendo a parcela experimental composta por 25 sementes (BRASIL, 2009). Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$) os modelos de regressão, para o fator quantitativo, foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação até 5% de significância. Para as análises estatísticas e confecção dos gráficos utilizou-se os softwares Sisvar 5,3, Assistat e Excel. Após o décimo terceiro dia de montagem do experimento, foram coletados os dados referentes à altura, diâmetro do caule, área foliar, comprimento da raiz e pesagem para posterior análise bioquímica.

O material para análise bioquímica foi armazenado em freezer para conservar as estruturas e composição das folhas, e o material restante foi colocado em estufa à 60° para obtenção da massa seca, durante 72 horas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos com diferença significativa pelo teste F foram comparadas pelo teste de Tukey ou pela análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de velocidade de germinação

A capacidade germinativa das sementes é um fator intrínseco para avaliar seu nível de tolerância a estresses abióticos. A germinação é a fase crucial para o desenvolvimento do vegetal, visto que, a semente comporta todas as informações genéticas das plantas, assim como as substâncias de reserva para suprir suas necessidades, enquanto a mesma não realiza fotossíntese. As condições nas quais as sementes são submetidas podem interferir no seu desenvolvimento, sendo necessário submetê-las as condições ótimas de luminosidade, temperatura e disponibilidade hídrica para um bom desenvolvimento (ZUCARELI, 2007).

As sementes são as estruturas de resistências dos organismos vegetais, as mesmas podem suportar condições adversas e se desenvolverem. As sementes do genótipo de feijão-caupi BR 17 gurguéia é um exemplo de sementes resistentes a condições estressantes. Neste trabalho foram submetidas a condição estressante proporcionada pelo PEG 6000 e apresentaram um bom desempenho quanto a velocidade de germinação. O índice de velocidade de germinação foi avaliado de acordo com Carvalho e Carvalho (2009), Fortes (2009) e Oliveira et al (2009) utilizando a fórmula de Maguire, na qual G representa a quantidade de sementes germinadas ao dia e T o tempo em dias:

$$IVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots}{T_1 \quad T_2 \quad T_3 \quad \dots}$$

Houve germinação das sementes para todos os tratamentos, similar ao ocorrido no trabalho de Carvalho e Carvalho (2009). Foi observado um melhor desempenho nas sementes de caupi submetidas ao potencial hídrico -0,2 Mpa sob a ação do atenuador Silício (1mM), havendo um decréscimo nos potenciais mais negativos. Houve

diferenças entre os tipos de embebições analisados, porém o potencial -0,4 Mpa destaca-se pelo melhor índice de germinação das sementes submetidas ao três tratamentos (sem embebição-SE, com embebição em água destilada-EAD e embebição em silício-ES). O potencial -0,8 Mpa destaca-se por apresentar um decaimento no índice germinativo em todos os tratamentos, destacando-se o tratamento sem embebição. Para todos os tratamentos o potencial 0Mpa teve o melhor índice germinativo. Todos os valores dos índices de velocidade de germinação sofreram forte influência dos tratamentos aplicados, (figura 1).

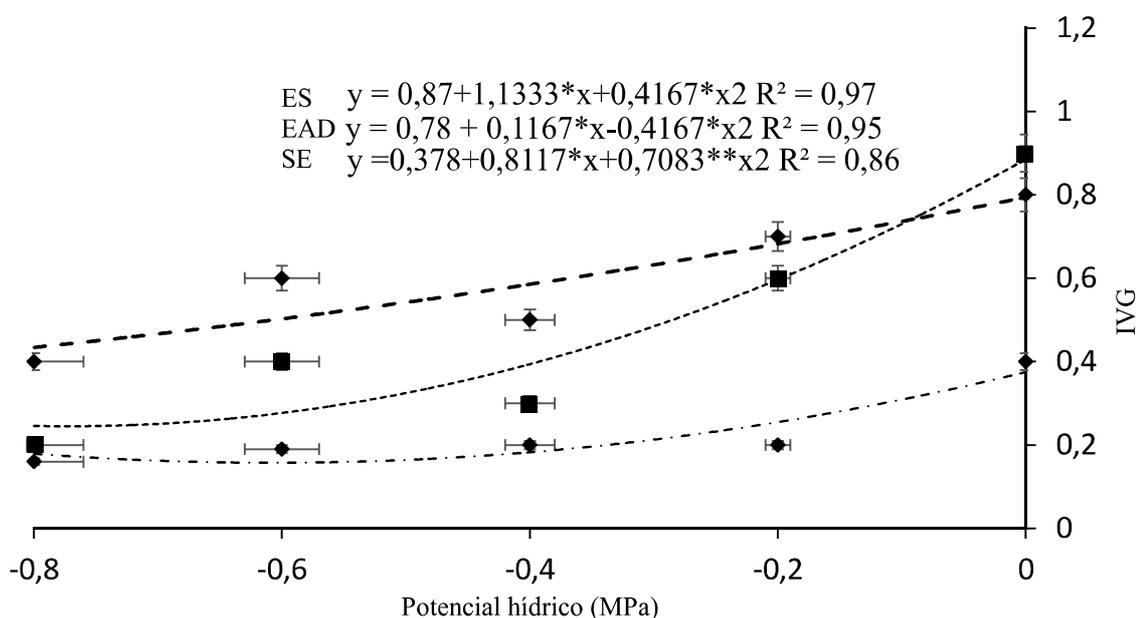


Figura 1. Índice de velocidade de germinação (IVG) da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

4.2 Porcentagem de germinação

A porcentagem de germinação das sementes do genótipo gurguéia de feijão-caupi apresenta um destaque no potencial 0Mpa para todos os tratamentos (figura 2). A atuação do atenuador do estresse hídrico, o silício, possui destaque, foi observado melhor porcentagem entre os potenciais -0,2 e -04 Mpa. Destaca-se a maior redução na

porcentagem de germinação para o potencial sem embebição, cujo declínio é aumentado à medida que o potencial hídrico diminui.

Para os tratamentos com embebição em água destilada e embebição em silício também houve um declínio nos potenciais mais negativos -0,6 e -0,8 Mpa, porém o tratamento sem embebição apresenta diferença significativa neste aspecto, apresentando um maior decréscimo no potencial -0,8 Mpa.

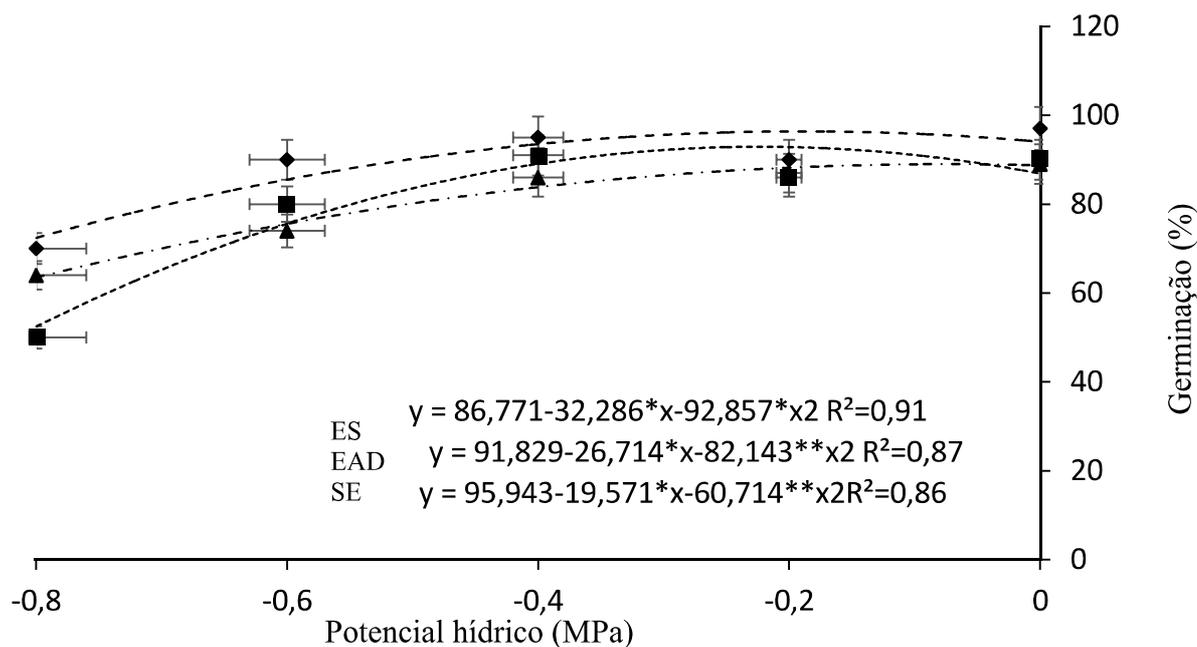


Figura 2. Porcentagem de germinação da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

4. 3 Altura de plântulas

A condição estressante imposta pela embebição do genótipo gurguéia de feijão-caupi causou alteração na altura das plantas, sendo este aspecto negativamente afetado assim como na análise feita por Monteiro (2014), avaliando germinação e crescimento inicial de plântulas de guandu. Tal situação pode estar relacionada a alteração no metabolismo do vegetal, decréscimo no crescimento, proporcionada pelo PEG 6000, visto que, em condições adversas, estressantes, o vegetal tende a adaptar-se, alterando seu metabolismo, reduzindo o tamanho das suas folhas, diminuindo suas taxas transpiratórias e acionando complexos enzimáticos (Taiz, 2017).

O potencial hídrico negativo intermediário (-0,4 MPa) apresenta para todos os tratamentos maior altura das plântulas, entretanto ocorre diminuição no potencial -0,6 e -0,8 Mpa (figura 3). A redução do tamanho das plântulas é explicada pela diminuição das atividades enzimáticas (APX, SOD, CATALASE), e consequente acúmulo do aminoácido prolina, devido a possível ocorrência da perda de turgor e consequente redução celular, proporcionada pelo estresse.

A ação do silício para esta análise mostra-se positiva, foi observado que este tratamento apresentou melhores dados em relação ao demais, tal ação atenuadora também foi comprovada por Miranda et al. (2010), em seu estudo com clones de *Anacardium occidentale* L.

4.4 Fitomassa seca total

Quanto à fitomassa seca total-FST (figura 4) houve um decréscimo para todos os tratamentos, havendo maior redução nos potenciais mais negativos. O potencial 0 Mpa destaca-se pelos melhores resultados, porém a partir do potencial -0,2 ocorrerá um decréscimo significativo que permaneceu constante até os potenciais -0,4 á -0,8 Mpa. A redução na FST para o genótipo BR 17 Gurguéia de feijão-caupi está relacionada a diminuição na altura das plântulas, proveniente das alterações ocorridas, devido o tratamento com o PEG 6000.

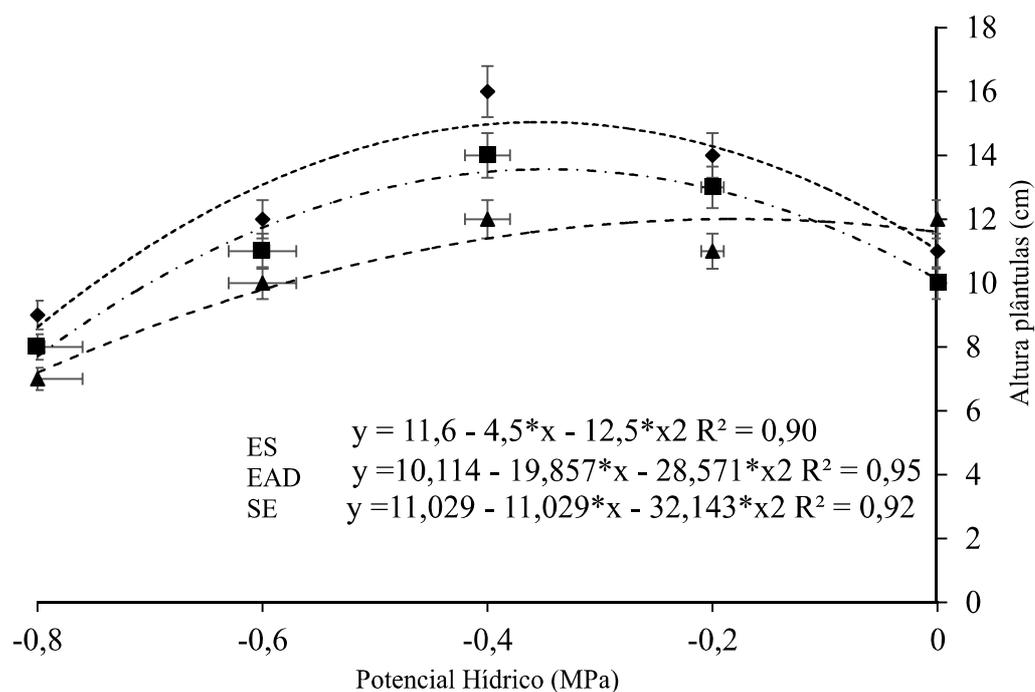


Figura 3. Altura de plântulas da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

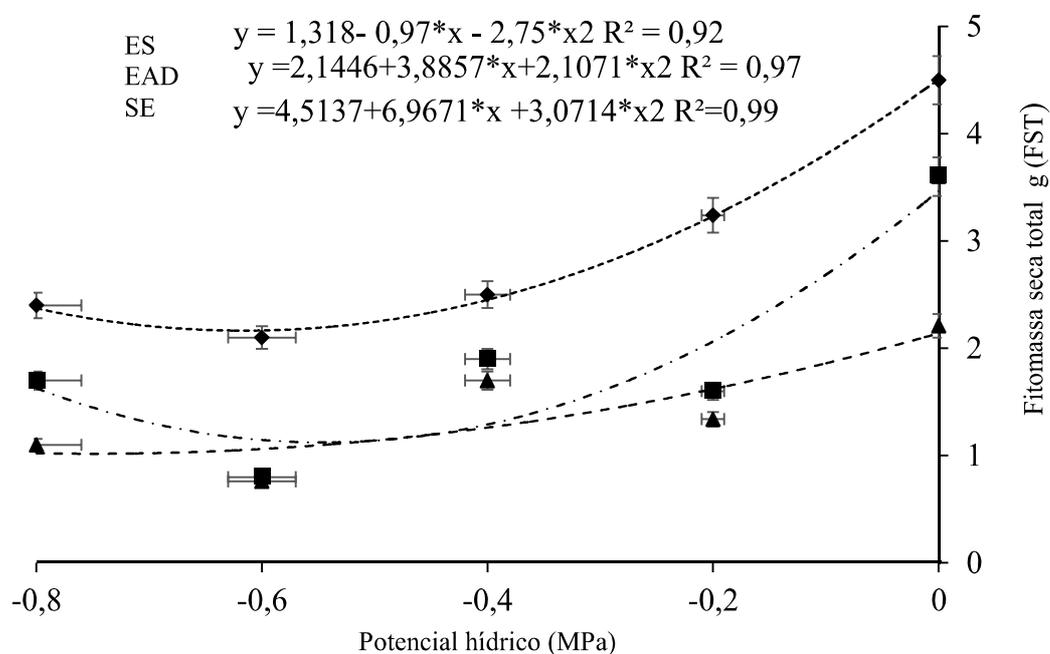


Figura 4. Fitomassa seca total da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina

Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

4.5 Atividade enzimática do complexo antioxidante

A enzima superóxido dismutase, atua em conjunto com outras enzimas do complexo antioxidante. Sua atuação neste trabalho, foi alterada devido os efeitos da deficiência hídrica, havendo decaimento nos tratamentos com embebição em água destilada e embebição em silício. O tratamento sem embebição manteve constante sua ação enzimática. Destaca-se o potencial 0 MPa por apresentar os melhores resultados e o potencial -0,8 MPa por apresentar diminuição na quantidade da enzima analisada.

O comportamento da SOD (figura 5), pode ser explicado pelo aumento na quantidade de prolina ilustrado na figura 8. A SOD possui atuação inicial que precede a atuação das enzimas catalase e ascorbato peroxidase, a mesma atua transformando os radicais livres, hidroxilas em peróxido de hidrogênio para ação posteriores de CAT e APX, que possuem função similares.

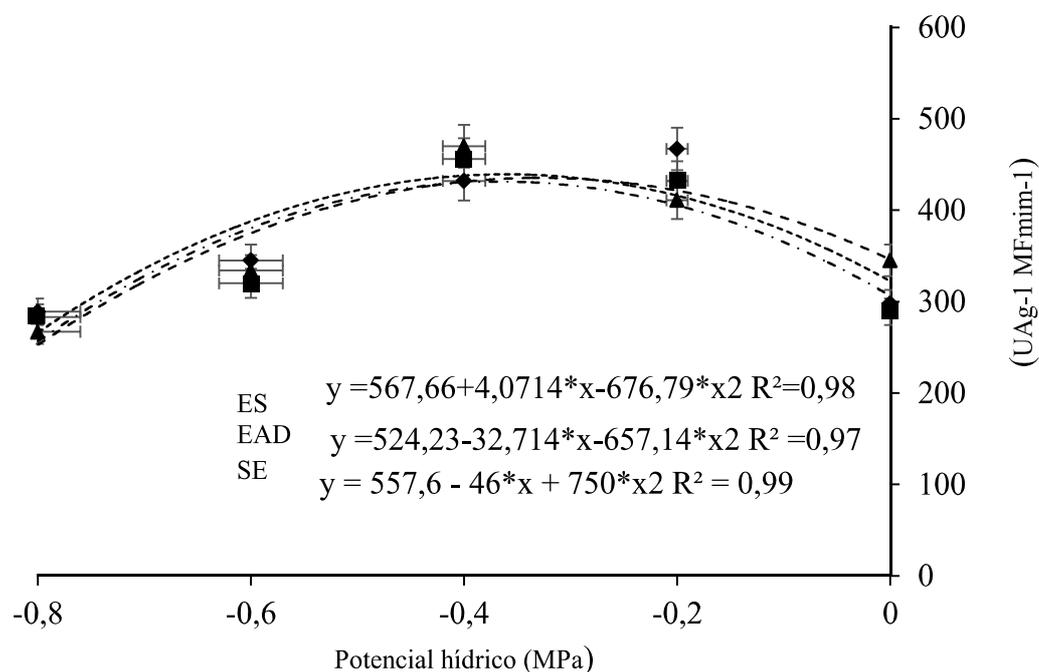


Figura 5. Quantificação de superóxido dismutase da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

A enzima catalase atua sem moléculas redutoras diferentemente da ascorbato peroxidase, cujas funções são similares. É fundamental em condições de altas taxas de

H₂O₂, induzidas principalmente por estresses abióticos nos vegetais (BARBOSA et al, 2014). Neste experimento o estresse abiótico foi proporcionado pelo polietinoglicol 6000 nas sementes de feijão-caupi.

Através da quantificação da CAT (figura 6), pode-se contatar que a mesma apresentou os melhores resultados para os três tratamentos no menor potencial osmótico induzido pelo peg 6000. Entretanto, nota-se um decréscimo significativo nos potenciais mais negativos -0,4, -0,6 e -0,8 MPa. Destaca-se os potenciais -0,2 e -0,4 por apresentar os melhores valores após o potencial 0 MPa, porém á medida que o estresse aumentou ocorreu uma diminuição na quantificação da enzima; o potencial -0,8 merece destaque por apresentar os menores valores de CAT, confirmando a ideia de que o estresse nos vegetais favorece a atuação de um complexo antioxidante e que enzimas podem ser desnaturadas, aumentando a quantidade de aminoácidos como a prolina, por exemplo.

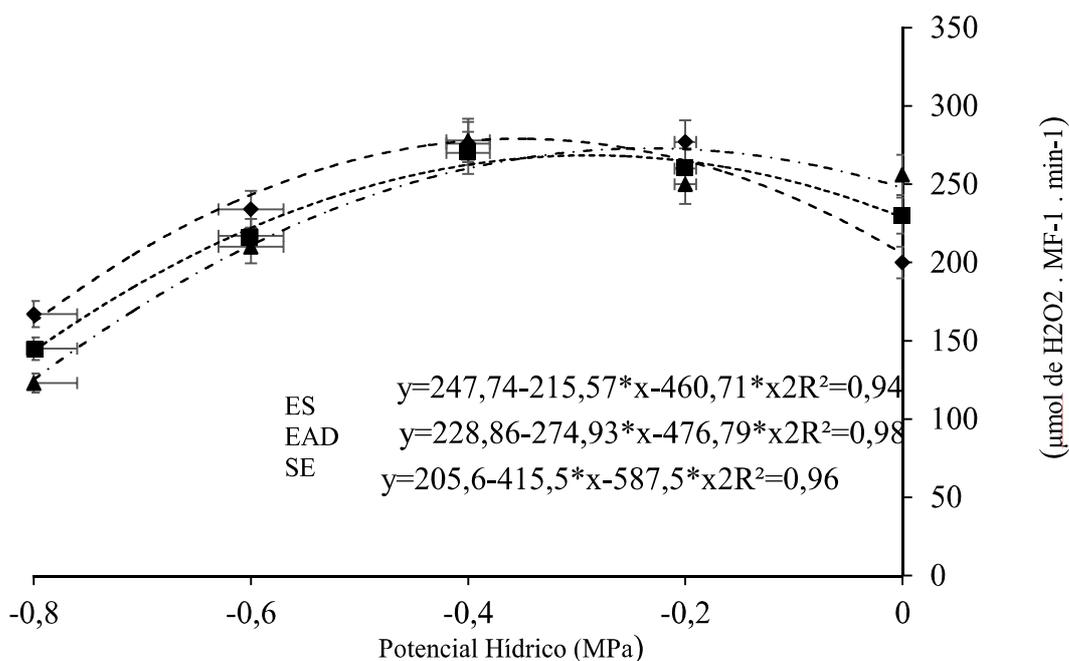


Figura 6. Quantificação de catalase da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

A ação da enzima do complexo antioxidante ascorbato peroxidase, apresentou-se crescente ao longo dos diferentes potenciais osmóticos proporcionados pelo Peg 6000 (Figura 7). A atuação do silício como atenuador, destaca-se por apresentar atividade quase constante da APX comparada aos demais tratamentos. O

potencial -0,8 Mpa apresenta maior ação de APX, para todos os tratamentos (embebição em sílicio, embebição em água destilada e sem embebição), constatando que a enzima atua na proteção do vegetal no estresse hídrico proporcionado pelo peg 6000.

Nota-se que a medida que o potencial torna-se mais negativo, a enzima possui maior atuação. Tal fato pode ser explicado pela atuação da enzima APX quebrando a molécula de H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) em oxigênio e água cujo agente redutor, o ácido ascórbico, o mesmo possui alto potencial de afinidade por esse composto. (BARBOSA et al, 2014).

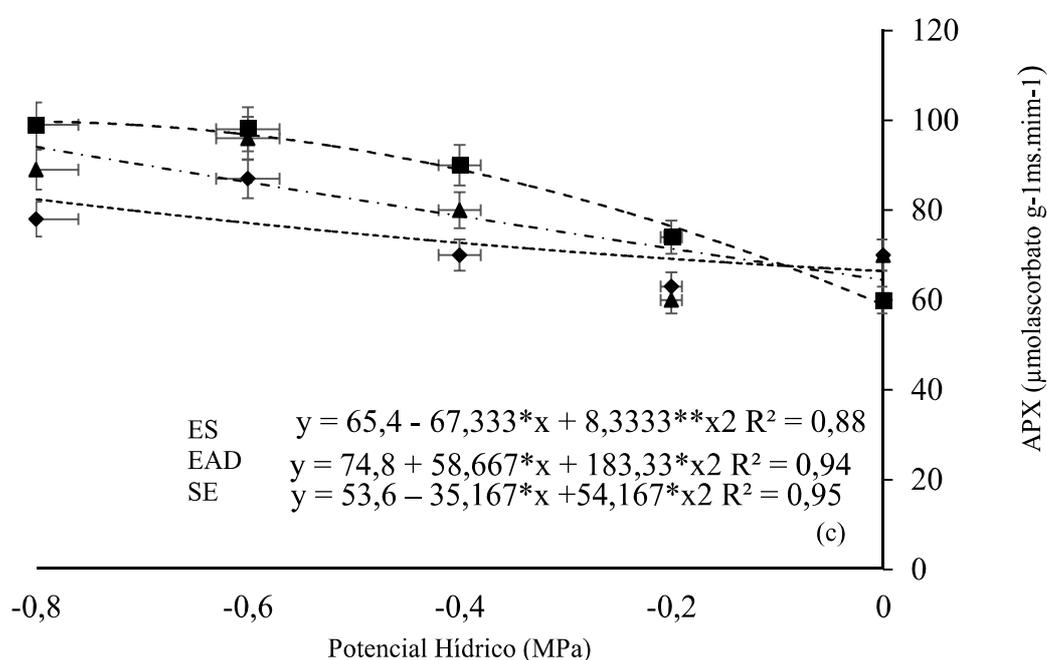


Figura 7. Quantificação de ascorbato peroxidase da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE– sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em sílicio.

4.5 Teor de prolina livre

O aminoácido prolina, assim como a glicina betaína, manitol, sacarose, poliamina, dentre outros, são acumulados nos vacúolos das células vegetais em condições estressantes participando do ajuste osmótico (MONTEIRO, 2014). A prolina em muitos casos é considerada um indicador de estresse, trata-se de um osmólito muito

estudado, devido o seu maior acúmulo em condições estressantes para os vegetais. É considerado um osmoprotetor e osmorregulador bioquímico, cuja principal função é a manutenção da integridade celular, amenizando os efeitos maléficos das EROS.

Através da análise de prolina neste trabalho, pode-se constatar seu aumento significativo no potencial negativo -0,8 Mpa para todos os tratamentos. Destaca-se o potencial 0 Mpa por apresentar os melhores resultados, já os potenciais, -0,2, -0,4 e -0,6 apresentam valores crescentes, ilustrando que o aminoácido prolina aumenta de acordo com o aumento do estresse proporcionado pelo peg 6000. Provavelmente este aumento significativo está associado desnaturação de enzimas. A ação combinada de prolina, catalase, superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e de outros osmólitos compatíveis como glicina betaína, proporciona maior resistência das plantas e plântulas as condições estressantes proporcionadas por fatores abióticos.

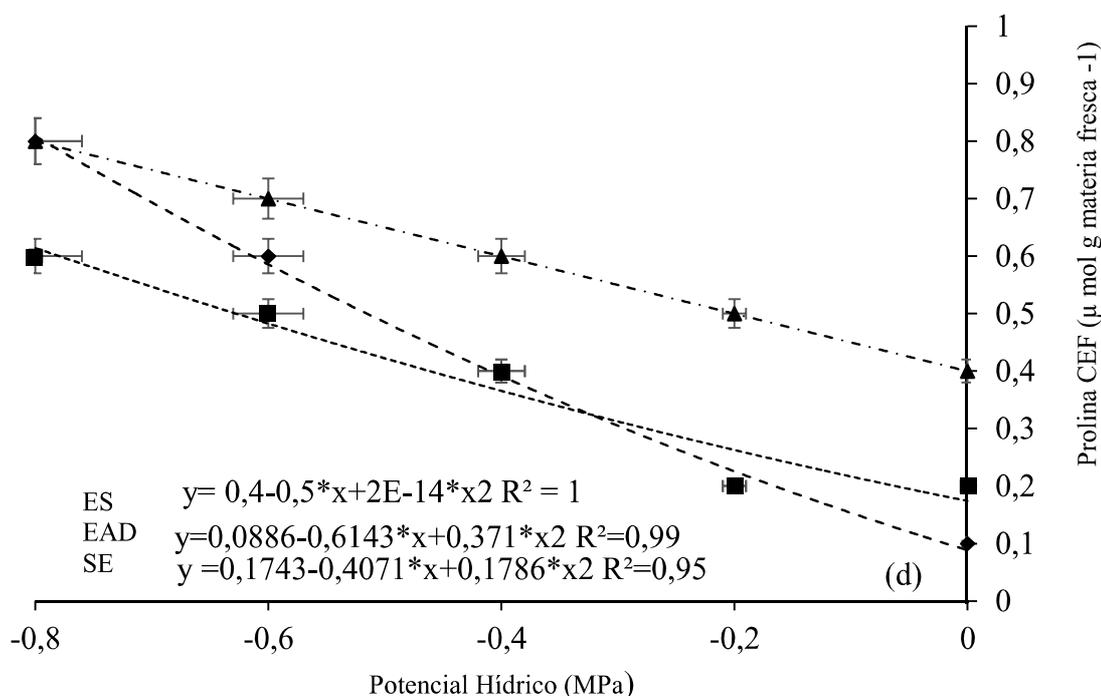


Figura 8. Quantificação de prolina da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE – sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

5 CONCLUSÕES

O Silício atua como atenuador do estresse hídrico induzido por Polietinoglocol 6000 (Peg 6000). A indução do estresse causa decréscimo no crescimento inicial das

plantas de feijão-caupi (genótipo BR 17 gurguéia). A altura das plântulas, assim como fitomassa seca total e acúmulo de enzimas foi reduzida, entretanto os tratamentos com embebição no silício apresentaram melhores resultados em relação aos demais. Devido estresse hídrico, constatou-se um aumento de prolina e alteração nas atividades enzimáticas de superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase, enzimas do complexo antioxidante.

Através da realização do trabalho foi possível averiguar que a embebição das sementes em solução de silício (1,0 mM) pode ser utilizada na indução de tolerância ao déficit hídrico durante a germinação e crescimento inicial para a cultivar BR 17 Gurguéia. As atividades de prolina possuem um aumento significativo no potencial osmótico mais negativo proporcionado pelo peg (6000), o que leva-nos a concluir que as enzimas foram degradadas ou ocorreu uma maior produção de prolina, visto que, tal composto pode ser considerado um osmorregulador, sendo o mesmo um possível indicador de estresse em vegetais.

SILICON AS A INDUCTOR OF TOLERANCE TO THE WATER DEFICIT IN THE GERMINATION AND INITIAL GROWTH PHASES OF BEANS-CAUPI

ABSTRACT

Bean-cowpea, also known as: fradinho beans or macassar beans, has great importance in the regions where it is cultivated. It is widespread in the northeastern semi-arid regions, mainly due to its adaptation to drought, but the plant can be submitted to multiple stresses in the plants. Stress causes changes in the composition of the cells of higher plants, leading in many cases to the production and accumulation of substances that alter the metabolic processes of plants, ROS (reactive oxygen species), as well as the production of osmotically active substances, in an attempt to mitigate its damages. The objective of this study was to evaluate the imbibition of bean seeds in silicon (1mM) as an inducer of water deficit tolerance in the gurguéia genotype, in order to observe some biochemical variations occurring in the vegetable during the interaction of the stress with the attenuator, in the pre-sowing and emergency period. The research was carried out in the Laboratory of Ecophysiology of Cultivated Plants (ECOLAB), located in the Três Marias Integrated Research Complex, belonging to the State University of Paraíba. The experiment was developed with 3x5 factorial counting with 3 pre-seeding imbibition (SE = no imbibition, ES = imbibition in silicon (1 mM) and EAD = imbibition in distilled water) and 5 osmotic potentials. The water deficit induced by Polietinoglocol 6000 (PEG 6000) causes a decrease in the initial growth of the cowpea plants. Proline activities have a significant increase in the most negative osmotic potential (-0.8 Mpa), which leads us to conclude that the enzymes were degraded or a higher proline production occurred.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Oxidative stress. Enzymatic analysis.

REFERÊNCIAS

ASHRAF, M.; FOOLAND, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Elsevier**, v. 59, ed. 2, p. 206-216, mar. de 2007.

ASSUNÇÃO, I.P.; FILHO, L.R.M.; RESENDE, L.V.; BARROS, M.C.S; LIMA, G.S.A; COELHO, R.S.B.; LIMA, J.A.A. Genes diferentes podem conferir resistência ao cowpea severe mosaic virus em Caupi. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p. 274-278. 2005.

AZEVEDO, H.; KIDO, L.H.; ISEPPON, A.M.B.; Análise do potencial regenerativo in vitro de diferentes cultivares de feijão-caupi. Porto Alegre. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 528-530, jul. 2007.

CARVALHO, D. B.; CARVALHO R. I. N. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy Maringá**, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2009.

BARBOSA, M.R.; SILVA, M.M.A; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T.R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. Santa Maria. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p.453-460, mar de 2014.

BELTRÃO, N.E.M; MELO, A.S. Atividade de enzimas antioxidantes em plântulas de algodoeiro herbáceo irrigadas com água salina. **8º Congresso brasileiro de algodão; 1º Cotton expo**, p.484-490. São Paulo, 2011.

CAMARGO, M.S; KORNDÖRFER, G.H.; FOLTRAN, D.R.; HENRIQUE, C. M.; ROSSETO, R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. Campinas. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p937-944, 2010.

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

COSTA, R.C.L. Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidas ao estresse hídrico. **Tese de doutorado. UFC/DBBM**, mar. 1999.

D'SOUZA, M. R. D.; DEVARAJ, V. R. Biochemical responses of Hyacinth bean (*Lablab purpureus*) to salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 32, p. 341–353, 2010.

DALASTRA, C.; CAMPOS, A. R.; FERNANDES, F.M.; MARTINS, G.L.M.; CAMPOS, Z.R.; Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro. Lavras. **Ciência agrotecnica.**, v. 35, n. 3, p. 531-538, maio/jun. de 2011.

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A.S; MENEGHELO, G.E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, n 4, p. 711 - 720, 2011.

DUTRA, A. F.; ARAÚJO, J. S. S; DANTAS, F. V; FIGUEREDO, L. F; ROCHA, M.S;BELTRÃO, N. E .M.; MELO, A. S.; Atividade de enzimas antioxidantes em plântulas de algodoeiro herbáceo irrigadas com água salina. São Paulo. **8º Congresso Brasileiro de Algodão & I Cotton Expo 2011**, p. 484-490, 2011.

Epsten, E.; BLOOM, A. J.; Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. **Editora planta**, ed.2, 403 p. 2006.

FERREIRA, A.C.T; FELITO, R.A.; ROCHA, A. M.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque). **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 30, n. 4, p. 1009 –1016, out–dez. de 2017.

FLOWERS, T. J.; MUNNS, R.; COLMER, T. D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. **Annals of Botany**, v. 115, p. 419–431, 2014.

FONTES, J. R. A; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R.; Tolerância do feijão-caupi ao herbicida oxadiazon. Goiânia. **Pesquisa Agropecuária. Trop.**, v. 40, n. 1, p. 110-115, jan./mar de 2010.

FORTES, A. M. T.; MAULI, M. M.; ROSA, D. M.; PICOLLO, G.; MARQUES, D. S. REFOSCO, R. M. C; Efeito alelopático de sabugueiro e capim- Efeito alelopático de sabugueiro e capim-limão na germinação de limão na germinação de picão-preto e soja. Maringá. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 241-246, 2009.

GUEDES, V.R.; SIMONETTI, A.P.M.M; ROSA, H.E. Aplicação de diferentes doses de silício na cultura do crambe. Paraná. **Revista brasileira de energias renováveis**, v.4, p. 15- 23, 2015.

IMTIAZ, M.; RIZWAM, M. S.; MUSHTAQ, M. A.; SHAHZAD, S. M.; YOUSAF, B.; SAEED, D. A.; RIZWAM, M.; NAWAZ, A.; MEHMOOD, S.; TU, S. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: A review. **Journal of Environmental Management**, v.183, v.3 p.521-529, 2016.

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

MATALLO J.; H OLIVEIRA, T. S A desertificação no Brasil. Fortaleza: UFC. **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido.**, p. 89-113, 2000.

MIRANDA, J. R. P; CARVALHO, J. G.; FREIRE, A. L. O.; FERNANDES, A. R. Avaliação do silício como atenuador dos efeitos da salinidade na nutrição mineral de clones de *Anacardium occidentale* l. Espírito Santo do Pinhal. **Engenharia Ambiental -**, v. 7, n. 3, p. 144 -156, jul./set. 2010.

OLIVEIRA, A.C.S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, E.D.; Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Science Place**, V. 2, nº04. Jan., 2009.

OSBERT, J.S., GEOFFREY, B., WHITEHEAD, D.S., BUCHAN, D. Physiological response to water stress and water logging in Nothofagus species. **Tree Physiology**, v.15, p.629–638, 1995.

ROSELEN, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja doutor do seu feijoeiro. Arquivo do agrônomo, nº 7. **Encarte de informações agrônômicas**, nº 68 Dez, 1994.

ROSSI, V.S. Mecanismo antioxidante em plantas. 10º Mostra acadêmica da UNIMEP; **10º Simpósio de ensino da graduação**. São Paulo, 2012.

SANTOS, E.R. dos; BORGES, P.R.S; SIEBENEICHLER, S.C; CERQUEIRA, A.P.de; PEREIRA, P.R; Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado

sob dois ambientes de luminosidade. Mossoró. **Revista caatinga**, vol. 24, n 4, p. 14-19, 2011

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.2, p.131–138, 2011.

STOYANOVA D.; YORDANOV, I. Influence of Drought, High Temperature, and Carbamide Cytokinin 4-PU-30 on Photosynthetic Activity of Plants. 2. Chloroplast Ultrastructure of Primary Bean Leaves. **Photosynthetica**. Vol 37, v. 4, p. 621–625, dez de 2000

SUBBARAO, G.V.; CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C. Patterns of osmotic adjustment in pigeonpea — its importance as a mechanism of drought resistance. **European Journal of Agronomy**, v. 12, p. 239–249, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre. **Artmed**. 6^oed 2017.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; GUERRA, A. S.; **KORNDÖRFER, P. H. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. Revista Ciência Agronômica**, vol. 39, núm. 4, p. 562-568 Out-Dez, 2008.

ZUCARELI, V.; FERREIRA, G.; SILVÉRIO, E. R.V.; AMARO, A.C.E; Luz e Temperatura na Germinação de Sementes de *Annona squamosa* L. Porto Alegre. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 840-842, jul. 2007