



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

GERMINAÇÃO E TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPO DE FEIJÃO-CAUPI BRS ITAIM
SOB ESTRESSE OSMÓTICO E NITRATO DE POTÁSSIO

REBECA FERREIRA CARNEIRO

LAGOA SECA

2016

REBECA FERREIRA CARNEIRO

GERMINAÇÃO E TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPO DE FEIJÃO-CAUPI BRS ITAIM
SOB ESTRESSE OSMÓTICO E NITRATO DE POTÁSSIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo

LAGOA SECA

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.

C289g Carneiro, Rebeca Ferreira
Germinação e trocas gasosas em genótipo de feijão-caupi BRS Itaim sob estresse ismótico e nitrato de potássio [manuscrito] / Rebeca Ferreira Carneiro. - 2016.
19 p. : il.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Biologia".
"Co-Orientação: Dra. Maria do Socorro Rocha, Departamento de Biologia".
1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 2. Atividade antioxidante.
3. Ajustamento osmótico. I. Título.

21. ed. CDD 635.652



CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

ATA DA DEFESA DO TCC

Aos 14 dias do mês de Outubro de 2016, às 09:30 horas, no Auditório do CCAA, Campus II, da UEPB, foi realizada a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Germinação e trocas gasosas em feijão - cultivar cv. "BRS Itaini" sob estresse osmótico e nutritivo de potássio, da educanda **REBECA FERREIRA CARNEIRO**, Matrícula 121361675, sob orientação do Prof. Dr. ALBERTO SOARES DE MELO e coorientação da Pesquisadora Dr.^a MARIA DO SOCORRO ROCHA da UEPB. A **Banca Examinadora** foi composta pelo Prof Dr. DIOGO GONÇALVES NEDER da UEPB e pela Licenciada em Biologia EDILENE DANIEL ARAÚJO e foi presidida pelo Orientador, que deu início aos trabalhos. A educanda teve o tempo de 20 minutos para a sua apresentação, e a **Banca Examinadora** teve igual tempo para as arguições. Encerrada a defesa, a **Banca Examinadora**, acompanhada do orientador se reuniu para avaliar o Trabalho. Após a análise da **Banca Examinadora**, foi atribuído o conceito **APROVADA**, com a Nota 10,0 (Aprovado), o qual foi proclamado pela presidência da banca, perante o público presente. A presente ata foi lida e aprovada, por unanimidade, ficando assinada por mim, Prof Dr. ALBERTO SOARES DE MELO, demais membros da Banca Examinadora, Educando e Coordenadora do TCC. Lagoa Seca/PB, 14 de Outubro de 2016.

Prof Dr. ALBERTO SOARES DE MELO

Prof Dr. DIOGO GONÇALVES NEDER

Licenciada em Biologia EDILENE DANIEL ARAÚJO

REBECA FERREIRA CARNEIRO


Elida Barbôsa Correa
Coordenadora do TCC

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 MATERIAL E MÉTODOS	6
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4 CONCLUSÕES	14
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

GERMINAÇÃO E TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPO DE FEIJÃO-CAUPI BRS ITAIM SOB ESTRESSE OSMÓTICO E NITRATO DE POTÁSSIO

RESUMO- O feijão-caupi constitui um dos principais produtos da agricultura familiar brasileira, sendo produzido geralmente em cultivos de sequeiro. Assim como outras culturas de importância econômica e nutritiva, o feijão-caupi está sujeito a fatores abióticos que afetam seu crescimento, desenvolvimento e produtividade, dentre eles, o déficit hídrico é o mais limitante. Devido a necessidade em identificar genótipo mais adaptados ao déficit hídrico, torna-se importante pesquisas que contemplem a aplicação de eliciadores como o nitrato de potássio (NP) nas sementes de feijão-caupi. Objetivou-se com este trabalho, avaliar germinação, crescimento, fototranspiração e bioquímica do genótipo BRS Itaim de feijão-caupi submetido ao estresse hídrico imposto pelo PEG 6000 e em embebições de nitrato de potássio. A pesquisa constou de um fatorial de 3x5, sendo três tratamentos de sementes (pré-embebição em água destilada; pré-embebição em nitrato de potássio e sem pré-embebição) e cinco potenciais osmóticos no substrato (0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) durante 8 horas. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e 5 sementes por repetição. Os dados obtidos das avaliações em plântulas foram submetidos à análise de variância (teste F até 5%) e nos casos de significância foi realizada análise de regressão para fator de natureza quantitativa. A manutenção do crescimento das plântulas de feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico está relacionada com o aumento das plântulas de feijão com a embebição das sementes em nitrato de potássio, na cultivar estudada BRS Itaim na Área foliar-(A), Fitomassa total. O aumento da prolina em plantas de feijão caupi pode ser utilizado como indicativo da intensidade do estresse hídrico nas fases de germinação, IVE e crescimento inicial. As folhas das plantas submetidas dose -0,4 MPa de embebição de estresse PEG 6000 apresentaram elevados teores de carboidratos solúveis totais, promovendo um ajustamento osmótico dessa espécie. A cultivar BRS Itaim suporta melhor a redução do potencial hídrico com a aplicação de nitrato de potássio no Carbono interno $-C_i$ transpiração E , Condutância estomática g_s , Fotossíntese líquida A .

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.. Atividade antioxidante. Ajustamento osmótico

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) constitui uma das principais fontes de alimentação nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, por ser alimento básico da população de menor poder aquisitivo (NASCIMENTO et al., 2011), e além de sua importância nutritiva, é fonte geradora de emprego e renda nessas regiões (FREIRE FILHO et al., 2011).

As respostas dos vegetais à deficiência hídrica incluem muitas vezes alterações bioquímicas em nível de expressão gênica na célula (FLOSS, 2004). Assim, um conjunto de respostas bioquímicas e expressão gênica ocorre em vegetais sob condições de deficiência hídrica, em que as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação em resposta ao ambiente de acordo com a intensidade, duração, interação com outros tipos de estresse, com o estágio de desenvolvimento e com o genótipo (MENESES et al., 2006; NEPOMUCENO et al., 2001).

O ajustamento osmótico tem sido verificado em várias espécies, o qual é considerado eficaz na manutenção da turgescência celular por permitir melhoria na abertura estomática e, conseqüentemente, na fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo (FAROOQ et al., 2009). Para Apel e Hirt (2004) a baixa disponibilidade de água no solo implica na restrição da atividade fotossintética e no aumento da respiração pelas plantas, ocasionando produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROS). Essas espécies são produzidas nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos, sendo capazes de causar danos oxidativos aos lipídios, proteínas e ao DNA.

Neste sentido, entender o processo de tolerância ao déficit hídrico é imprescindível na identificação de cultivares mais tolerantes à seca, pois vegetais mais tolerantes exibem melhor mecanismo de proteção contra o estresse oxidativo quando comparadas às plantas sensíveis, por meio da indução da atividade de enzimas do sistema antioxidante e acúmulo de osmo protetantes (TÜRKAN et al., 2005).

As respostas das plantas às condições de déficit hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, dentre outros. A redução da produtividade causada pela inviabilização do processo fotossintético, devido principalmente às alterações no teor de clorofila, na redução da condutância estomática, na atividade de algumas enzimas, proteínas e na absorção de nutrientes, são os efeitos mais comumente observados em plantas sob déficit hídrico (ASHRAF & FOOLAD, 2007; ASHRAF & HARRIS, 2013). Por sua vez, sob restrição de água no solo, as plantas apresentam ajustamento osmótico por meio da

acumulação ativa de osmólitos compatíveis (açúcares solúveis, proteínas e aminoácidos) como um importante mecanismo de adaptação à seca.

Neste sentido, a indução de melhorias na fisiologia e morfologia do feijão-caupi torna-se uma ferramenta importante para a viabilidade do cultivo em regiões com predominância de deficiência hídrica. Para tanto, além do manejo adequado da irrigação, o uso de algumas substâncias podem colaborar na eficiência no uso da água e na melhoria das rotas metabólicas, resultando em adaptação das plantas às mudanças ambientais (AGOSTINI et al., 2013). Sendo assim, o déficit hídrico pode ser atenuado por meio de aplicação de indutores como nitrato de potássio (NO_3). A exemplo da pesquisa realizada por Bueno e Souza (1989), que ao aplicarem e quinzenalmente em plântulas de diferentes porta-enxertos cítricos, registraram crescimento e nutrição equilibrada das plantas.

Assim, considerando-se a importância da produção do feijão-caupi na região semiárida da Paraíba e a necessidade de melhoria na eficiência no uso da água para os sistemas de produção irrigados, faz-se necessário intervir no sentido de identificar materiais melhorados aliando o potencial produtivo e a tolerância à seca, o que pode ser otimizado pelo uso adequado da água e de atenuadores, como o nitrato de potássio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os meses de janeiro a maio de 2016, 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.

O estudo foi realizado em esquema fatorial 3 x 5, composto por uma cultivar de feijão-caupi (BRS-Itaim) submetidos a 3 condições na pré-semeadura (SE = sem embebição; AN= embebição em NP – nitrato de potássio (10^{-5} M) e AD = embebição em água purificada), ambos os tratamentos com embebição ocorreram durante o período de 8 horas e 5 potenciais hídricos, induzidos por polietilenoglicol 6000, durante a germinação e o crescimento inicial (-0,8; -0,6; -0,4 e 0 MPa- água purificada), que fatorialmente combinados resultaram em 45 tratamentos.

Inicialmente foi realizada uma triagem das sementes com o objetivo de eliminar aquelas que continham danos físicos, biológicos e/ou má formação. As sementes foram divididas em três lotes, sendo dois deles envolvidos em papel toalha na forma de rolos (BRASIL, 2009) para posterior embebição em solução de nitrato de potássio (10^{-5} M) em água purificada (AD) por um período de 8 horas. O terceiro lote foi mantido em garrafa, tipo pet, lacrada pelo mesmo período, para evitar qualquer alteração na umidade das sementes.

Após o período de embebição, todas as sementes foram distribuídas em vasos 10x10 cm, contendo cinco sementes por vaso, o substrato utilizado foi composto de turfa previamente umedecidas com água purificada. As sementes foram embebidas nas soluções osmóticas de polietilenoglicol 6000 (-0,8; -0,6 -0,4 e -0,2 MPa). Em seguida, foi utilizada como base para a reposição hídrica diária. Por fim, os vasos foram alocados em uma casa de vegetação, onde permaneceram durante 45 dias. O consumo hídrico foi determinado, diariamente, por meio de pesagem dos vasos.

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 purificada (25 °C) sendo, em seguida, acrescido de 100 mL do mesmo solvente. Por fim, a solução foi mantida em frascos de vidro vedados,

temperatura ambiente, com o intuito de minimizar a perda de água e, conseqüentemente, a alteração no potencial, até o momento da utilização.

Durante 13 dias, no mesmo horário, foram realizadas as contagens de germinação, considerando como germinadas as sementes que emergiram radícula (REHMAN et al., 1996). Com posse desses dados, foi realizado o cálculo da porcentagem final de germinação (% G) e do índice de velocidade de emergências (IVE) (CARVALHO e CARVALHO, 2009).

Após a aferição da área foliar das plântulas, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e alocadas em estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 65°C, durante 48 horas. Ao final, obteve-se, por meio de pesagem em balança analítica, a fitomassa total (FT).

Medições pontuais de trocas gasosas foram realizadas após aplicação dos tratamentos entre 6 e 9 h em folhas totalmente expandidas e completamente maduras, por meio do equipamento portátil de análise de gases por infravermelho (IRGA), modelo “LCPro +” da ADC BioScientific Ltda. Tais variáveis serão: a taxa fotossintética líquida por unidade de área foliar (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática ao vapor d’água (g_s , $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a taxa transpiratória (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A razão entre as concentrações interna e atmosférica de CO_2 (C_i/C_a) foi calculada usando os valores das variações das concentrações de CO_2 e de vapor de H_2O no interior da câmara, medidos pelo analisador de gases por infravermelho do sistema portátil de fotossíntese (Silva, 2014). Foram realizadas, também, as análises dos teores de carboidratos solúveis totais pelo método de Dubois (1956) e Prolina.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições, sendo a parcela experimental composta por 20 sementes (BRASIL, 2009). Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$) e os modelos de regressão, para o fator quantitativo, foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação até 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de velocidade de germinação (IVE) das cultivares de feijão caupi (Figura 1A) foi mais sensível à redução do potencial hídrico do que a porcentagem final de germinação em todas as condições avaliadas. Os maiores valores de IVG foram verificados no maior potencial hídrico (0 MPa) com destaque para as sementes submetidas à embebição, que tiveram este índice significativamente superior ao obtido nas sementes sem embebição (Figura 1A).

Houve diferença significativa entre os tipos de embebição avaliados (AD e NP), contudo a aplicação de NP aumentou o IVE das cultivares BRS Itaim.

Na BRS Itaim verificou-se, também, menor redução de germinação das sementes sem embebição (95,92%) em função do aumento da restrição hídrica, e a manutenção da PEG incremento com a embebição em AD (96,97%) e NP (96,11%) (Figura 1B), nos potenciais estimados de -0,11 e -0,27 MPa, respectivamente (Figura 1B).

Na Figura 1 A, observa-se o comportamento IVE do cultivar Itaim, foi encontrada uma tendência quadrática em função potencial hídrica, todas apresentaram IVE acima de 39,39% no potencial -0,39 MPa, com incremento. Entretanto, as sementes sem embebição obtiveram um incremento de 37,50 e 37,50%, diferenciando das demais com embebições, mantendo esse comportamento do IVE subsequentes. Tal parâmetro demonstra o potencial fisiológico das sementes de alto vigor, demonstrando que o teste é sensível para determinação do vigor das sementes, como descrito por Ávila et al, (2007), trabalhando com sementes de canola.

Para a maioria das espécies vegetais, o ponto de colheita depende da ocorrência da maturidade fisiológica da semente, o que, em muitos casos, coincide com a máxima acumulação de matéria seca e, quando as sementes alcançam essa fase, geralmente, seu potencial para germinação e vigor se eleva (DUARTE e CARNEIRO, 2009).

É permitido considerar que a porcentagem de sementes aptas a germinar seja crescente durante o processo de maturação, atingindo nível máximo em época próxima à paralisação do fluxo de fotossintatos da planta para a semente. As modificações do vigor da semente ocorrem paralelamente à evolução da transferência de matéria seca da planta para as sementes, ou seja, a proporção de sementes vigorosas aumenta com o decorrer da maturação, atingindo o máximo em época muito próxima ou coincidente com o máximo acúmulo de reservas (MARCOS FILHO, 2005).

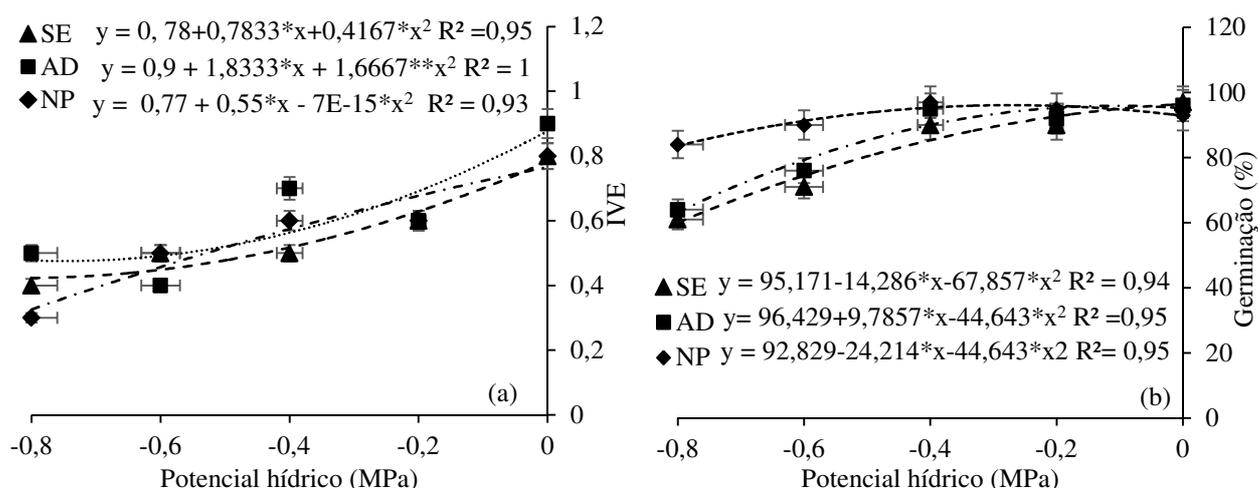


Figura 1. Índice de velocidade de germinação IVE-(A), Germinação G-(B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Itaim, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – Nitrato de Potássio.

Em contra partida, os maiores decréscimos da área foliar em resposta ao aumento da restrição hídrica foram observados nas sementes que não foram embebidas SE. Para as sementes SE, a diminuição do potencial hídrico de 0 para -0,38 MPa resultou numa depleção de 42,58% na área final da folha, enquanto que para os tratamentos com embebição em AD e NP as reduções foram de 52,18 e 33,84% para cada acréscimo de -0,32 MPa no potencial hídrico (Figura 2A). Entre os benefícios observados com a aplicação NP e um fertilizante podem ser citados: o aumento da germinação e do crescimento de plântulas (SHAKIROVA et al., 2003), o acréscimo na altura da planta e na área foliar (HUSSEIN et al., 2007), o incremento no teor de pigmentos fotossintetizantes (HAYAT et al., 2005), quanto ao aumento na taxa da fotossíntese líquida, da concentração interna de carbono, da eficiência do uso da água, da condutância estomática e da transpiração (FARIDUDDIN et al., 2003).

O acréscimo da restrição hídrica influenciou negativamente o acúmulo de fitomassa total (FT), independentemente do condicionamento, neste cultivar de feijão-caupi (Figura 2B), onde os valores de FT obtidas nas sementes embebidas em AD ajustaram-se ao modelo quadrático, com o máximo estimado de 0,42 g/planta encontrado no potencial referente a -0,70 MPa, valor esse significativamente superior ao máximo estimado (0,63 g/planta)

encontrado com a embebição em NP no potencial de -0,68 MPa. Esse comportamento contribuiu diretamente com as menores reduções de FT observada na cultivar (BRS Itaim).

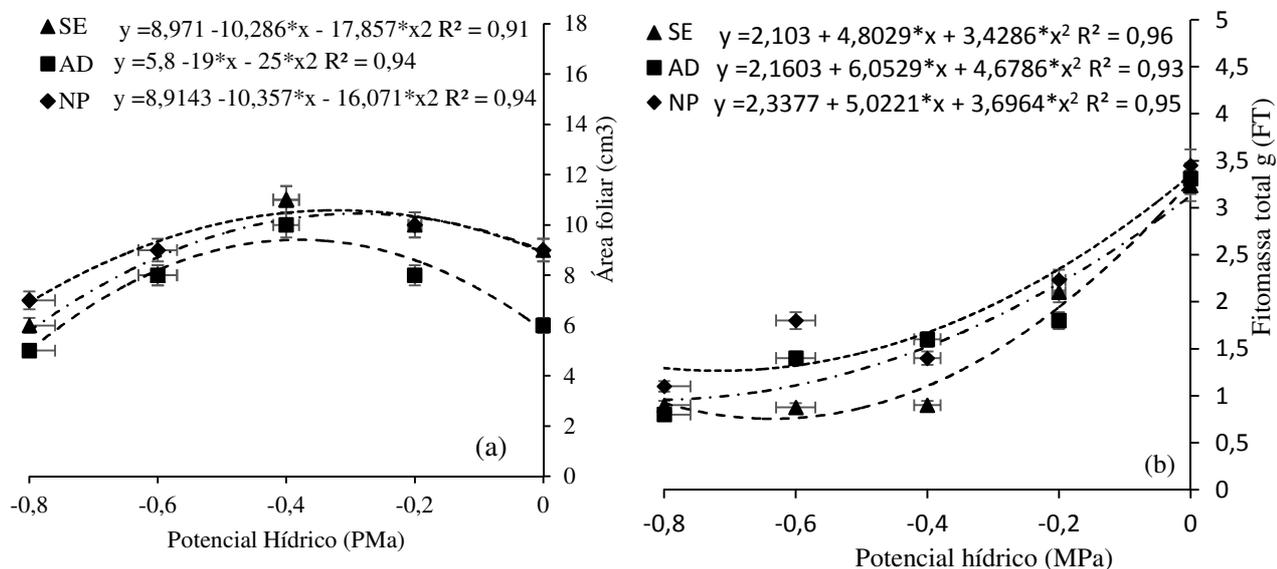


Figura 2. Área foliar- (A), Fitomassa total- (B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Itaim,, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – Nitrato de Potássio.

O aumento do potencial hídrico promoveu redução acentuada na concentração interna de CO₂. A variável teve ajuste ao quadrática com boa capacidade preditiva ($R^2 = 98$), ($R^2 = 95$) e ($R^2 = 99$) na cultivar BRS Itaim. A taxa de deflexão estimada para a cultivar foi de 250 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ verificada na oscilação de 0 a -0,8MPa, com valores mais expressivos (210,46 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), (242,4692 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e (236,03 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), contrastando-se com os valores críticos (183,6 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e (147,2 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) estimados nas plantas que foram embebida com nitrato de potássio (Figura 3A).

Com o aumento da transpiração (Figuras 3B). As plantas de ‘BRS Itaim’ revelaram maior atividade transpiratória no momento em que as mesmas se encontravam no pico de assimilação de dióxido de carbono (Figura 3B). Nesta conjectura, pode-se atribuir o aumento na taxa de transpiração, sobretudo, a fatores estomáticos, logicamente, em virtude de os estômatos constituírem a principal via de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato fotossintético (AMARAL et al., 2006).

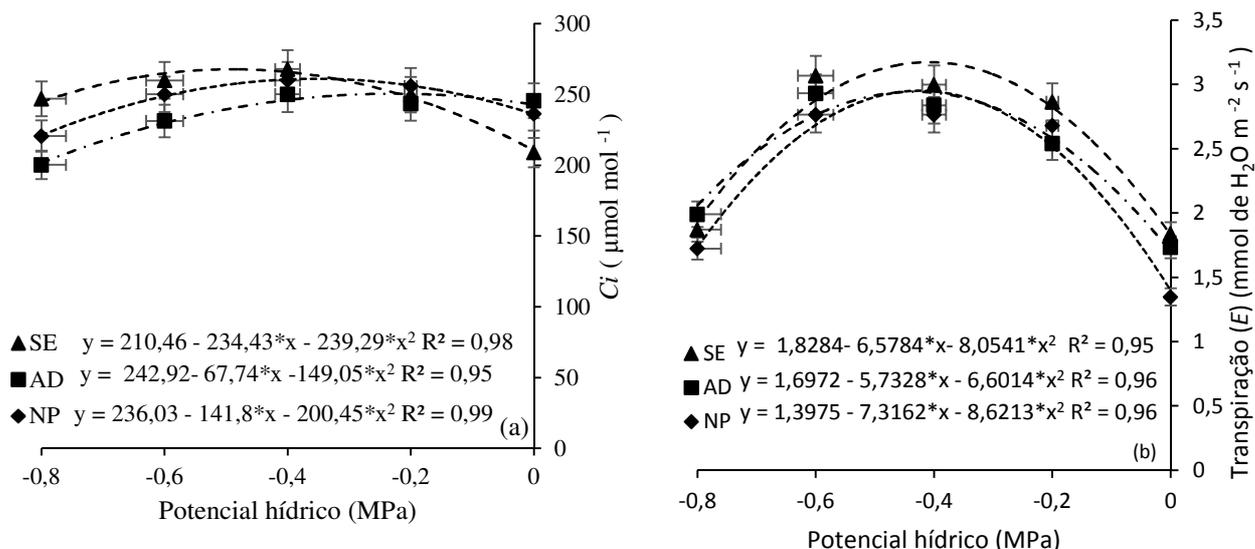


Figura 3. Carbono interno $-C_i$ -(A), transpiração E -(B) da cultivar de feijão-caupi: BRS Itaim, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – Nitrato de potássio.

A condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂. Isso porque, a condutância estomática regula as trocas gasosas (SHIMAZAKI et al., 2007). Transcorridos 45 dias após a semeadura (DAS), observou-se reduções de 40,48, 62,69 e 53,49%, com ajuste ao modelo polinomial quadrático, na condutância estomática (gs), com valores críticos 0,42, 0,67 e 0,43 mol m⁻² s⁻¹ estimados no potencial hídrico de -0,38, -0,48 e -0,43 MPa na cultivar ‘BRS Itaim’. Essas reduções na gs foram estimadas com relação aos maiores valores de condutância 0,20 e 0,18 mol m⁻² s⁻¹ obtidos nas plantas que não foram submetidas ao PEG 6000 (0 MPa) para a respectiva cultivar. A partir do ponto mínimo de gs obtidos na curva de ajuste, verificou-se que o incremento da embebição de NP promoveu aumentos de 25, 28,77 e 33,33% na condutância estomática com relação aos valores obtidos no potencial hídrico de -0,44 MPa (Figura 4A).

A taxa de assimilação de CO₂ (A), na cultivar ‘BRS Itaim’, aos 65 DAS, teve ajuste polinomial quadrático, sendo o maior valor de A (19,40 µmol m⁻² s⁻¹) estimado potencial hídrico de -0,31 MPa sem embebições. Registrou-se aumento de 15,25% na assimilação de dióxido de carbono com restrição hídrica com embebições de NP até o nível de -0,66 MPa com relação às plantas cultivadas na ausência desse elemento (0 MPa). A partir da

embebições que promoveu maior taxa de assimilação de dióxido de carbono, pode-se observar redução significativa de 20,72% com relação ao valor crítico ($18,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) obtido na embebição com água destilada com potencial hídrico de $-0,31 \text{ MPa}$ (Figura 4B).

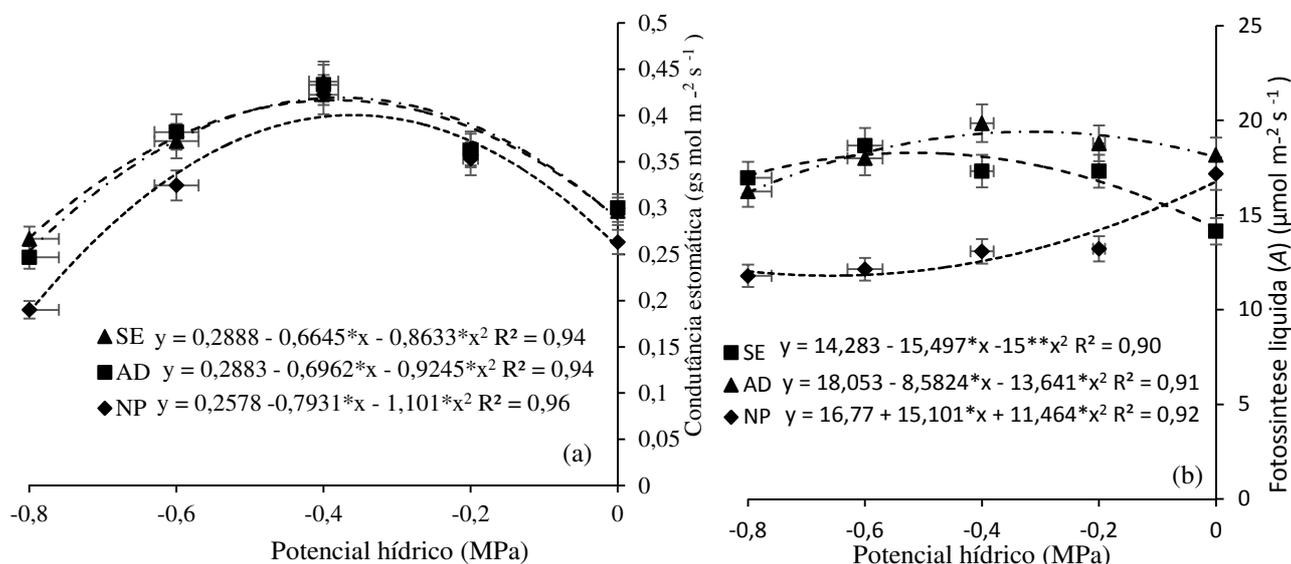


Figura 4. Condutância estomática g_s -(A), Fotossíntese líquida A -(B) da cultivar de feijão-caupi: BRS Itaim, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – Nitrato de potássio.

A planta sob estresse hídrico aumentou consideravelmente os teores de carboidratos solúveis totais com o aumento com de diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000 quando embebido com nitrato de potássio (Figura 5B), foram acondicionadas durante a pré-semeadura, S sem embebição ($52,87 \mu\text{mol m}^{-2}$); AD embebição em água purificada ($65,20,87 \mu\text{mol m}^{-2}$) e NP Nitrato de potássio ($69,09 \mu\text{mol m}^{-2}$) o valor máximo estimado. Os incrementos para SE, AD e NP (35,48; 36,36 e 25,81%).

Isto, se deve ao fato de que com a diminuição do nível de água na embebição das sementes, a planta responde osmoticamente com o aumento dos teores desses carboidratos, no sentido de se adaptar ou se ajustar ao ambiente com falta de água. Esses resultados estão de acordo com os trabalhos de Silveira et al. (2003) que trabalhou com caupi, variedade vita 7 e as informações apresentadas por Kerbauy (2004) em seu livro de Fisiologia Vegetal.

O aumento da concentração de prolina livre pode estar relacionado com o mecanismo de osmorregulação, indicando que o feijão caupi acumula este aminoácido quando exposto a baixas quantidades de água, com o intuito de proteger as estruturas celulares dos danos provocados durante o período de estresse. Acrescente-se que no estudo em questão, o acúmulo de prolina não foi efetivo na anulação dos efeitos deletérios da seca sobre a germinação, o crescimento e o acúmulo de fitomassa seca das plântulas de feijão caupi, sendo estes parâmetros decrescidos com o aumento da concentração de prolina livre nas células, o que, segundo Carlin e Santos (2009), pode estar relacionado com o agravamento do estresse hídrico.

No presente estudo a aumentou da disponibilidade hídrica incrementou gradativamente a concentração de prolina livre folhas, da cultivar de feijão caupi (Figura 5 A), independente do condicionamento, estando em concordância com o comportamento verificado em diversas culturas submetidas à deficiência de água, entre elas, o feijão caupi (COSTA et al., 2011; SILVA, 2014), o feijão comum (AGOSTINI et al., 2013; YAMAMOTO et al., 2014).

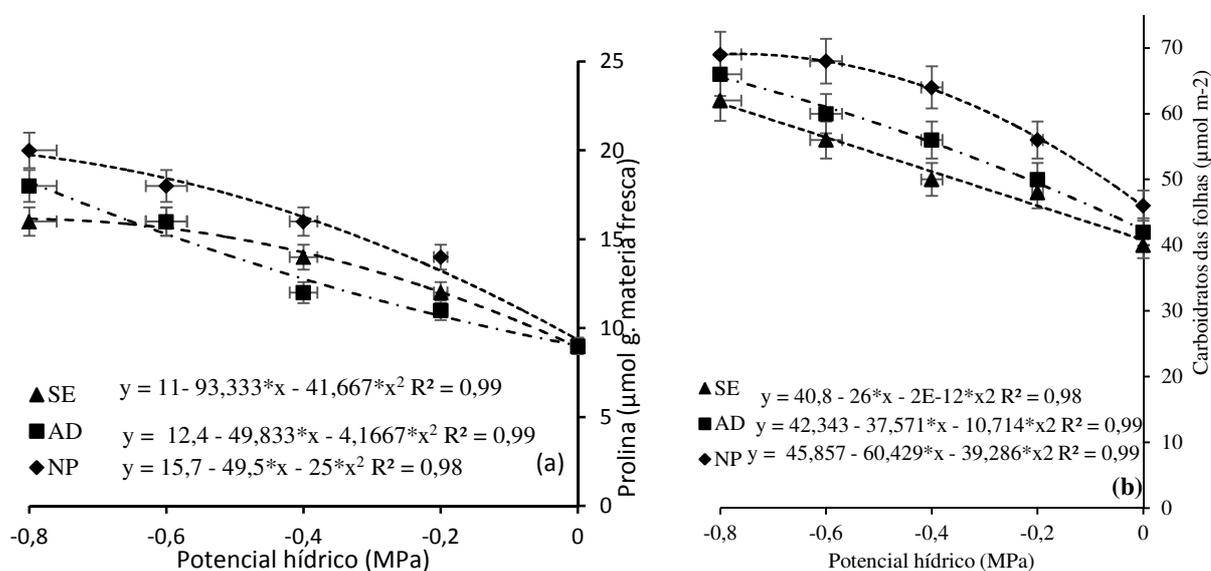


Figura 5. Concentração de Prolina livre-(A), Carboidrato solúveis totais das folhas-(B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Itaim, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – Nitrato de potássio.

4 CONCLUSÃO

A manutenção do crescimento das plântulas de feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico está relacionada com o aumento das plântulas de feijão com a embebição das sementes em nitrato de potássio, na cultivar estudada BRS Itaim na Área foliar- (A), Fitomassa total.

O aumento da prolina em plantas de feijão caupi pode ser utilizado como indicativo da intensidade do estresse hídrico nas fases de germinação, IVE e crescimento inicial. As folhas das plantas submetidas dose -0,4 MPa de embebição de estresse PEG 6000 apresentaram elevados teores de carboidratos solúveis totais, promovendo um ajustamento osmótico dessa espécie.

A cultivar BRS Itaim suporta melhor a redução do potencial hídrico com a aplicação de nitrato de potássio no Carbono interno $-C_i$ transpiração E , Condutância estomática g_s , Fotossíntese líquida A .

5 REFERÊNCIAS

AGOSTINI, E. A. T.; MACHADO-NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **ActaScientiarum**, v.35, n.2, p. 209-219, 2013.

AMARAL, J. A. T do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p. 377-384, 2006.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, n.1, p-373-399, 2004.

ASHRAF, M.; FOOLAD, MRv. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.9, p.1006-1013, 2009.

CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Germinação de sementes de um ecótipo de paspalum da região de Guarapuava- Pr. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n.4Sup1, p. 1187-1194, 2009.

CASU, R. E.; GROF, C. P. L.; RAE, A. L.; MCINTYRE, C. L.; DIMMOCK, C. M.; MANNERS, J. M. Identification of a novel sugar transporter homologue strongly expressed in maturing stem vascular tissues of sugarcane by expressed sequence tag and microarray analysis. **Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 371- 386, 2003.

COSTA, R. C. L.; LOBATO, A. K. S.; SILVEIRA, J. A. G.; LAUGHINGHOUSE, H. D. ABA-mediated proline synthesis in cowpea leaves exposed to water deficiency and rehydration. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, v.35, p.309-317, 2011.

DEMIRAL, T., TÜRKAN, I. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, n. 3, p. 247-257, 2005.

DUARTE, E. F.; CARNEIRO, I. F. Qualidade fisiológica de sementes de *Dyckia Goehringii* Gross e Rauh (Bromeliaceae) em função do estágio de maturação dos frutos. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 161-171, 2009.

DUBOIS, M. GILLES, K. A. , HAMILTON, J. K. , REBERS, P. A. , SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n.3, p. 350-356, 1956.

FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica Juncea*. **Photosynthetica**, v.41, n.2, p.281-284, 2003.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: Effects mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185-212, 2009.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Feijão-caupi no Brasil: **Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Terezina: EmbrapaMeio-Norte, 2011, 84p.
FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004.

HAIAT, S.; HASAN, S. A.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. **Journal of Plant Interactions**, v.3, n.4, p.297-304, 2008.

HERNÁNDEZ, L. SodERF3, a novel sugarcane ethylene responsive factor (ERF), enhances salt and drought tolerance when overexpressed in tobacco plants. **Plant Cell Physiology**, v. 49, n.4, p.512-525, 2008.

HISCOX, J. D. ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, v. 57, n.12, p.1332-1334, 1979.

HUSSEIN, M. M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M. S. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.3, n.4, p. 321-328, 2007.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M.; LIMA, M. M. A.; VIDAL, M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, 2006.

MICHEL, B. E. KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, n.5, p. 914-916, 1973.

MICHELETTO, S.; RODRIGUEZ-URIBE, L.; HERNANDEZ, R.; RICHINS, R. D.; CURRY, J.; O'CONNELL, M. A. Comparative transcript profiling in roots of *Phaseolus acutifolius* and *P. vulgaris* under water deficit stress. **Plant Science**, v. 173, p. 510-520, 2007.

MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p.853-860, 2011.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, ano IV, n.23, p. 12-18, 2001.

REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKEIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of *Acacia* seeds. **Seed Science and Technology**, v.25, n.1, p. 45-57, 1996.

SCOTTI, P. C.; THU PHAM THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, n.1, p.11-18, 1997.

SHAKIROVA, F. M.; SAKHABUTDINOVA, A. R.; BEZRUKOVA, M. V.; FATKHUTDINOVA, R. A.; FATKHUTDINOVA, D. R. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. **Plant Science**, v.164, n.3, p.317-322, 2003.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.219-247, 2007.

SMART, R. E.; BINGHAM, G. E. Rapid Estimates of Relative Water Content Plant Physiol. v.53, n.2, p.258-260, 1974.

SOFIATTI V.; BRITO G. G.; SILVA F. M. O.; BRANDÃO Z. N.; SILVA D. M. A.; SILVAV. N. B. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folha de algodão, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...**: Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 852-858.

SILVA, A. R. F. **Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica**. Campina Grande, 2014. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão.

SILVEIRA, J. A . G.; COSTA, R. C. L.; VIEGAS, R. A. ; OLIVEIRA, J. T. A .; FIGUEIREDO, M. V. B. N- compound accumulation and carbohydrate shortage on N² fixation in droughtstressed and rewatered cowpea plants. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 3. n. 1, p 65-75, 2003.

ONWULIRI, A. V.; OBU, A. J. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgares* grown in northern Nigéria. **Food Chemistry**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.918 p.

YAMAMOTO, C. J. T.; LEITE, R. G. F.; MINAMIGUCHI, J. Y.; BRAGA, I.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Water-deficit tolerance induction during germination of JaloPrecoce bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.36, n.11, p.2897-2904, 2014.