

ESTRESSE HÍDRICO E BIOFERTILIZANTE EM ACESSOS DE AMENDOIM.

Maryssol T. Gadelha¹

¹Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Graduanda em Agronomia, Avenida Abolição, 3 - Centro, Redenção, Ceará, Brasil.* maryssoltorres@gmail.com

ABSTRACT

Due to the edaphoclimatic conditions of the Northeast region, cultivation from cultivars that are tolerant to water stress and that support the fluctuations in rainfall in the different micro-regions is ideal. In this work, we sought to evaluate the capacity of tolerance to water stress in accessions of peanuts submitted to different concentrations of biofertilizers in order to evaluate the role of gas exchange in relation to the production components. A completely randomized DIC design was used, with a 4 x 3 x 3 factorial arrangement, with 3 replications. The treatments consisted of four peanut genotypes, (BR-1; 55 437; UNI69 and UNI43), three water regimes (E0 = 0, E2 = 10 and E2 = 20 days of water stress) and fertilization via bovine biofertilizer (C0 = 0mL; C1 = 500mL; and C2 = 100mL). Physiological parameters of internal CO₂ concentration (C_i), stomatal conductance (g_s), and liquid photosynthetic rate (A) were measured and for the characteristics of production number of pods per plant (NVP), mass of pods per plant (MVP) and seed mass per plant (MSP). Plants submitted to E2 for 20 days had a 40% reduction in C_i, 20% in g_s and 20% in A, when compared to the control treatment. UNI43 showed good responses to the period of 10 days in relation to the others and BR-1 to 20 days of stress. The application of 500 mL of biofertilizer proved to be the best concentration for all the characteristics analyzed.

Key words: *Arachis hypogaea L.*, water stress, genotypes, organic input, semiarid.

INTRODUCTION

O amendoim (*Arachis hypogaea L.*) é considerada a quarta oleaginosa mais cultivada do mundo; no Brasil seu cultivo é bastante difundido em estados da região Sul e Sudeste, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com aproximadamente 95% da produção nacional (CONAB, 2015). Por ser uma leguminosa com sementes ricas em óleo, apresenta uma grande importância econômica, tendo sua utilização como fonte de alimento e para indústria farmacêutica e cosmética, apresentando-se como uma ótima alternativa para produção de biodiesel.

Apesar da importância que essa cultura assume no mercado brasileiro, diversos fatores são responsáveis para a limitação do seu cultivo, impedindo que sua expansão seja efetuada, principalmente no semiárido, como a escassez de recursos hídricos, a baixa fertilidade dos solos, a salinidade, nutrição, entre outros. Dentre esses fatores o déficit hídrico é um dos tipos de estresse abiótico mais crítico e comum que acometem as lavouras conduzidas em ambientes semiáridos. Seus efeitos são evidentes em qualquer estágio fenológico da planta, podendo variar de acordo com a severidade e duração do estresse (FAROOQ et al., 2009).

A primeira resposta da planta a deficiência hídrica é a diminuição de turgência, e justamente a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (LARCHER, 2006). Segundo Correia et. al (2004), a falta d'água no amendoim, reduz os parâmetros de crescimento sem contudo, paralisá-los.

O rendimento de uma cultura agrícola está diretamente relacionado as variações fisiológicas. Muitos dos sintomas apresentados na fisiologia das plantas, são consequências de deficiência hídrica. De acordo com Santos et. al (2009), o fechamento estomático, que ocasiona redução na taxa de fotossíntese e reduz a disponibilidade de CO₂, são as respostas mais comuns das plantas frente ao estresse hídrico. Devem-se também avaliar as implicações fisiológicas da restrição hídrica nas plantas.

Períodos de deficiência hídrica no solo podem incrementar o desenvolvimento das raízes e acumular fotoassimilados nelas, o que aumenta a absorção de água das camadas do solo que tem água disponível (Calvache et. al., 1997). Esta expansão do sistema radicular, estimulada pela deficiência hídrica nas camadas mais profundas do solo, possibilita às plantas explorarem, além da umidade, a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genótípicas da espécie (PIMENTEL, 2004; NOGUEIRA et.al, 2005).

Além do fator hídrico, o amendoim exige boa fertilidade do solo para obter êxito na produtividade. Os biofertilizantes vem sendo utilizados como fonte orgânica para suprir nutricionalmente as culturas agrícolas, que segundo Penteado (2007) é definido como um adubo orgânico líquido, resultante do processo de fermentação aeróbica ou anaeróbica de esterco fresco animal. O uso de adubos orgânicos vem sendo utilizados como estratégia para atenuar o estresse hídrico. Cavalcante et al. (2010) além dos efeitos promovidos na estruturação física do solo, biofertilizante aplicado na superfície do substrato forma uma camada de impedimento às perdas elevadas de água por evaporação, o que possibilita às células vegetais permanecerem túrgidas por mais tempo em relação às plantas que não receberam o insumo.

Visando o desenvolvimento de genótipos tolerantes ao estresse hídrico e que suportem as flutuações de pluviosidade tão características das microrregiões do nordeste, a cultura do amendoim mostra-se bem adaptada à seca podendo existir genótipos mais aclimatados a condições de estresse hídrico ou salino, em função das características morfológicas e fisiológicas (GRACIANO et al., 2011; SOUSA et al., 2012). Devido a não estabilidade na pluviosidade do nordeste, diversos prejuízos são ocasionados aos agricultores. Neste contexto, espera-se amenizar esses problemas a partir das tecnologias alternativas

desenvolvidas para o Semiárido, que vem crescendo e tornando-se eficazes, fortalecendo a melhoria na qualidade de vida no meio rural.

Objetivou-se avaliar a capacidade de tolerância ao estresse hídrico em acessos de amendoim quando submetidos a diferentes concentrações de biofertilizante e entender o papel das trocas gasosas frente aos componentes de produção.

MATERIALS AND METHODS

O trabalho foi conduzido na casa de vegetação UPMA (Unidade de Produção de Mudas Auroras) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira, Redenção, Ceará, com coordenadas geográficas de 04°22' S, 38°73' W, com altitude média de 92m no período de abril de 2018 a março de 2019. De acordo com Köppen (1923), o clima da região é classificado como Aw', ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono. Tem uma pluviosidade média anual de 1.089,7 mm e temperatura média de 26,5°.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), com um arranjo fatorial 4 x 3 x 3, com 3 repetições, sendo distribuídos da seguinte forma; quatro genótipos de amendoim, sendo uma cultivar (BR-1) e três acessos (55 437, UNI69 e UNI43) do banco de germoplasma da UNILAB; três regimes hídricos (E0= 0, E1= 10 e E2= 20 dias de estresse hídrico) e adubação via diferentes concentrações de fertilizante orgânico aplicadas no substrato (C0= 0mL; C1= 500mL; e C2= 1000mL). Realizou-se o semeio de 3 sementes em vasos plásticos com capacidade de 11L, 20 dias após a germinação total fez-se o desbaste deixando uma planta por vaso.

O biofertilizante bovino foi produzido 20 dias antes na montagem do experimento onde seu preparo consistiu por fermentação aeróbia, adicionando-se parte iguais de esterco fresco bovino e água não salina ($CEa \leq 0,5 \text{ dS m}^{-1}$) (SOUSA et al., 2013), a solução foi misturada todos os dias. A análise química do biofertilizante com os seus respectivos teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn), encontra-se nas Tabelas 1.

Para a confecção do substrato em uma proporção 2:1 (duas medidas de arisco, para uma de areia), foi misturado o arisco com areia lavada de rio, para o enchimento dos vasos posteriormente. Para a avaliação das condições químicas do solo foram coletadas amostras compostas e encaminhadas ao laboratório. Dessa maneira, o material foi classificado como areia franca, e apresenta 80, 13 e 7 % de areia, silte e argila, respectivamente, além de densidade de $1,53 \text{ g cm}^{-3}$. A caracterização química do solo utilizado no experimento está apresentada na Tabela 2.

As aplicações foram efetuadas 10 e 41 dias após a germinação total do estande, que ocorreu 10 dias após a semeadura (DAS). A solução foi peneirada antes de ser aplicada, e medida em recipientes graduados. Desta maneira, aos 10 dias após a germinação total, 2/3 do experimento recebeu a primeira concentração

(C1=500mL) de biofertilizante por vaso. Aos 42 dias, pós segundo período de estresse, 1/3 do estande recebeu mais 500 mL da solução, totalizando 1000mL de biofertilizante.

A restrição hídrica iniciou 30 dias após a semeadura (DAS). As plantas do tratamento controle foram mantidas com a irrigação diariamente através de regador mantendo-se a umidade próxima a capacidade de campo durante todo o período experimental. O primeiro período (10 dias de seca), foi aplicado em 2/3 do experimento, voltando a rega após esse período, o segundo (20 dias de seca) aplicou-se em 1/3 do estande, voltando a rega posteriormente.

Para a realização das avaliações das trocas gasosas nas plantas de amendoim, utilizou-se o equipamento analisador de gás infravermelho - IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdon, UK) na 3ª folha contando do ápice para a base, completamente desenvolvidas. As avaliações deram-se no período da manhã entre 9:00 e 11:00 horas, realizada ao completar 20 dias de estresse hídrico. Foram mensurados os seguintes parâmetros: concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), e taxa fotossintética líquida (A).

A colheita foi efetuada 90 dias após a germinação total, e posteriormente avaliadas as seguintes características: número de vagens por planta (NVP), massa de vagens por planta (MVP) e massa de sementes por planta (MSP). Os dados foram devidamente coletados e tabulados em planilhas no Excel e submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de média. Posteriormente, quando significativos pelo teste F, as médias dos tratamentos passaram pelo teste de Tukey ao nível de 1% (**) e 5% (*), utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta.

RESULTS AND DISCUSSION

A análise de variância apresentada na tabela 3 referente as trocas gasosas realizadas após o período estresse hídrico, observa-se resultados significativos para todas as características analisadas, concentração interna de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética líquida (A). Houve significância de forma isolada para os fatores genótipos, estresse e doses de biofertilizante para a taxa fotossintética líquida (A). Quanto ao efeito de interação, destaca-se interação dupla para concentração interna de CO₂ (Ci) referente a genótipo x estresse e estresse x biofertilizante. Pode-se notar interação tripla para a variável de condutância estomática (gs).

Na figura 1a apresentam-se as médias de comparação dos acessos de amendoim em relação a taxa fotossintética (A), onde destacam-se os acessos BR-1 e 55 437, que são considerados tolerantes a seca, há um aumento nas médias em comparação com os acessos UNI43 e UNI69. Dentre as cultivares estudadas por Nogueira e Santos (2000) a BR1 é a que mantém resistência estomática menor, apresenta os menores valores de potencial hídrico foliar, que leva a crer que seja a variedade mais adaptada à região Nordeste. Graciano (2009) verificou que a cultivar BR1 apresentou maior acúmulo de solutos orgânicos

osmoticamente ativos, maior redução do potencial hídrico foliar e sofreu menores alterações no crescimento quando comparada com a cultivar BRS Havana.

Para o fator estresse hídrico (Figura 1b), observa-se que o E0 sem restrição hídrica e o E1 com 10 dias de restrição, obtiveram médias similares, não diferiram estatisticamente, ou seja, a aplicação de 10 dias de estresse não influenciou no desenvolvimento da planta e consequentemente na sua taxa de fotossíntese, respondendo bem a este período, apresentando média de $14,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Justifica-se pela cultura possuir uma rápida capacidade de recuperação, sendo que 24 horas após a irrigação as folhas restabelecem a turgescência foliar e a atividade estomática (PALLAS *et al.*, 1979; TÁVORA & MELO, 1991), porém, depende da característica genética de cada material. Os resultados da presente pesquisa são divergentes dos obtidos por Cechinet *et al.*, (2010) quando constataram que após seis dias de estresse hídrico, imposto por meio da suspensão total do fornecimento de água, as folhas de girassol foram reduzidas em função do estresse imposto.

No tocante aos 20 dias de estresse hídrico E2, nota-se uma média muito baixa, tais resultados podem ser explicados devido ao período de restrição hídrica ser maior, as plantas não resistiram. Isso era esperado, pois sob déficit hídrico a fotossíntese foliar é afetada e conforme o estresse avança os efeitos são mais notórios (TAIZ E ZEIGER, 2017; AZEVEDO NETO *et al.*, 2010). As alterações nas trocas gasosas são comumente observadas em situações de deficiência hídrica, visto que nestas condições há uma redução no potencial hídrico e no turgor dos tecidos fotossintetizantes, o que causa dificuldades para a execução normal de suas funções fisiológicas (Lisar *et al.*, 2012). Além disso, baseando-se em Taiz e Zeiger (2017), uma menor disponibilidade hídrica pode levar à redução na expansão celular e na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da biomassa, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese.

Barbosa (2016), estudando os parâmetros fisiológicos em acessos de amendoim sob déficit hídrico, constatou redução na taxa fotossintética a partir do aumento do estresse, essa redução também é decorrente da redução da condutância estomática (*gs*), que também diminuiu, pois, os estômatos tendem ao fechamento conforme a falta de água torna-se acentuada, para evitar ao máximo a perda de água pela transpiração. O fechamento estomático também provoca a redução da absorção de carbono, deixando de ser assimilado para a fotossíntese, afetando a mesma.

Para o efeito do fator concentrações de biofertilizante (Figura 1c) na fotossíntese, observa-se uma diferença estatística, do tratamento controle para as concentrações C1 (500mL) e C2 (1000mL), onde influenciaram no aumento desta variável. Ao comparar esses valores com o C0 sem adubação, compreende-se que a adição de adubação favoreceu a capacidade fotossintética da cultura. Desta maneira, a aplicação de 500mL.planta^{-1} de biofertilizante, torna-se o suficiente para garantir um bom desenvolvimento, minimizando gastos com uma concentração maior de adubação. Figueredo *et al.*, (2018) concluiu com seu trabalho que as doses mais elevadas de biofertilizantes proporcionam os maiores índices para as variáveis crescimento e produção de biomassa do amendoimzeiro.

A condutância estomática (gs) é um fator de extrema importância para avaliação das trocas gasosas nas plantas, pois indica o fechamento dos estômatos, estruturas responsáveis pela saída e entrada de água (GONÇALVES *et. al.*; 2010; FERRAZ *et. al.*; 2014). Analisando a figura 2a, observa-se que no primeiro ambiente sem estresse destaca-se a cultivar BR-1 para condutância estomática, quando submetido a concentração de 500 mL de biofertilizante, justifica-se a elevação destes valores pois as plantas apresentavam condições favoráveis, ou seja, não tinha restrição hídrica. Para o genótipo 55 437 a maior dose proporcionou uma média de $1,19 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, superior que as demais, assim como para o UNI69 com média $0,84 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ademais, a gs não foi influenciada pelas concentrações de biofertilizantes no acesso UNI43, onde sem adubação apresentou melhor resultado.

De acordo com a figura 2b, nota-se que os quatro acessos de amendoim obtiveram valores similares, sendo que as concentrações de biofertilizante não influenciaram a condutância estomática no estresse 1 (10 dias de estresse hídrico). Destaca-se o UNI69, com uma tendência de melhor desempenho a variável, sem adubação. Para os demais genótipos houve melhor desempenho quando submetidos a adubação orgânica. Sob condições de estresse, especialmente hídrico e salino, o fechamento estomático pode ser visto como uma resposta positiva da planta para a manutenção de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Por isso, é possível observar uma diminuição nos valores de condutância.

No que tange apenas ao ambiente, nota-se que com 10 dias de estresse influenciou na gs dos genótipos, apresentando valores inferiores ao tratamento controle (sem estresse hídrico). Sousa *et.al* (2004) estudando variações fisiológicas em feijão caupi sob déficit hídrico, observaram comportamento da condutância estomática similar ao deste trabalho. A redução na condutância estomática em condições de déficit hídrico influenciará diretamente no declínio da taxa fotossintética, devido à menor difusão de CO_2 para o interior da folha. Em situações extremas, quando falho o resfriamento evaporativo, podem ocorrer o surgimento de danos irreparáveis ao aparato fotossintético das plantas, uma vez que o excesso de calor pode desestabilizar e até mesmo degradar proteínas e lipídeos que constituem a membrana das organelas responsáveis pela fotossíntese (MAHAJAN e TUTEJA, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Quanto a figura 2c, mostra valores decrescentes da condutância estomática quando comparados aos demais. Nos tratamentos de biofertilizante 500 e 1000 mL influenciaram a condutância estomática em folhas de amendoim apenas para as cultivares BR-1 e 55 437. Segundo Viana *et. al.* (2013) estudando adubação com biofertilizante bovino em mamoeiro, no que diz respeito a condutância viu que esta superioridade está relacionada a uma melhoria no suprimento nutricional para a planta, não sendo este mais um fator restritivo. Observa-se que o UNI43 obteve um resultado melhor sem a dose de biofertilizante. Taiz & Zeiger (2009) relatam que o suprimento inadequado dos elementos essenciais às plantas causa distúrbios nos processos metabólicos e fisiológicos das plantas.

No que se refere ao estresse hídrico, nota-se que a condutância estomática foi extremamente afetada pela falta de água, onde o BR-1 e 55 437 que são reconhecidamente tolerantes as condições de deficiência

hídrica apresentaram melhores valores em comparação com os demais, sendo a BR-1 recomendada para o cultivo no Nordeste brasileiro (Granja et al., 2009; Duarte et al., 2013; Ramos et al., 2015; Pereira et al., 2015; Pereira et al., 2016). O UNI69 teve a maior redução da g_s , não conseguindo resistir ao período de 20 dias de restrição hídrica. Tais resultados podem ser explicados pela sensibilidade ao déficit hídrico, visto que nestas condições as plantas sensíveis tendem a modificar mais rápido sua fisiologia, visando manter o conteúdo de água necessário para o funcionamento da célula, ocasionando, no entanto, maiores limitações à entrada de CO_2 (DUTRA; RAMOS *et. al.* 2017).

Diante do exposto, nota-se que a condutância se comportou de forma semelhante à fotossíntese, que segundo Machado et.al (2002) sugere que os declínios das taxas fotossintéticas estejam relacionados com o fechamento parcial dos estômatos refletidos pelas reduções na condutância estomática.

Na Figura 3a observa-se que não diferiu estatisticamente os valores para os genótipos de amendoim do tratamento controle E0 (irrigado diariamente) e quando submetidos a 10 dias de estresse hídrico E1, apresentando médias similares. Desta forma o estresse hídrico de 10 dias não influenciou na absorção de CO_2 . No que diz respeito ao estresse de 20 dias E2, quando comparado entre os genótipos 55 437 e UNI43 apresentaram valores inferiores em relação a cultivar BR-1, sendo $33,77 \mu mol\ mol^{-1}$, $32,00 \mu mol\ mol^{-1}$ e $130,55 \mu mol\ mol^{-1}$ respectivamente. Essa diferença pode ser explicada devido a cultivar BR-1 ter sido melhorada para atender uma série de descritores voltado para o semiárido, realidade da região Nordeste. Para o acesso UNI69, observa-se que 20 dias de estresse o afetou consideravelmente, causando a perda total das plantas. Por tanto, verificou-se que a concentração interna de CO_2 (C_i), foi altamente afetada para todos os genótipos de amendoim, quando submetidos a 20 dias de estresse.

Esperava-se este resultado, devido a redução da condutância estomática (g_s) que resultou na diminuição da concentração interna de CO_2 (C_i) e na taxa fotossintética líquida (A) quando submetidos ao estresse hídrico de 20 dias. Segundo Silva et al. (2015) isto ocorre porque a baixa disponibilidade de água no solo causa o fechamento estomático e, com isso, limita a entrada de carbono na célula, tornando-se um fator limitante para a fotossíntese. Assim, como no presente estudo, Kalariya et al. (2013), também observaram em genótipos de amendoim submetidos ao déficit hídrico a redução da fotossíntese líquida, seguida da redução da g_s e do carbono interno.

Os dados apresentados na figura 3b, mostram a interação entre estresse hídrico e concentrações de biofertilizante. Nota-se a influência significativa das concentrações em relação aos estresses para o aumento e diminuição da C_i . Para o E0 (irrigação diária) e E1 (10 dias de estresse hídrico) observa-se que as concentrações não diferiram estatisticamente. A partir do momento em que o estresse aumenta a quantidade de dias E2, observa-se um decréscimo na absorção de CO_2 , no entanto salienta-se que na presença das doses de 500 e 1000 mL houve uma influência para a característica analisada com médias $97,75 \mu mol\ mol^{-1}$ e $49,50 \mu mol\ mol^{-1}$ respectivamente, quando comparado ao tratamento C0 onde as plantas não resistiram a esse período de restrição hídrica.

O insumo orgânico, por ser fonte de compostos bioativos, exerce ação positiva na nutrição das plantas e estimula a liberação de substâncias húmicas no solo, favorecendo maior atividade da enzima redutase e redução de aminoácidos livres, proporcionando maior acúmulo de N nas plantas, diminuindo o efeito do estresse hídrico e salino (CAVALCANTE, 2007). Para Lyra et al. (2010), o uso da adubação orgânica proporciona boas condições hídricas no solo, evitando a manifestação de estresse hídrico o que, juntamente com a condição nutricional adequada fornecida pelo biofertilizante bovino, fornece condições para a manutenção do metabolismo fotossintético e assim melhor aquisição de CO₂.

Diante desses resultados, pôde-se constatar que a redução na concentração de CO₂ registrada para os genótipos é consequência do período de estresse aos quais as plantas foram submetidas, sendo atenuada em partes pelos tratamentos de concentrações de biofertilizante. Essa atenuação, além de ser devida a nutrição, pode estar relacionada ao volume aplicado, devido a água presente no biofertilizante, onde pode ser absorvida pela planta e reduzir o estresse hídrico. Conforme SHIMAZAKI et al. (2007), a assimilação de CO₂ do meio externo promove perda de água, e que a diminuição desta perda também restringe a entrada de dióxido de carbono, e consequentemente seu acúmulo na câmara subestomática.

Os tratamentos utilizados influenciaram diretamente nas diferenças em alguns componentes de produção dos genótipos de amendoim. Na análise de variância para as características número de vagens por planta, massa de sementes e vagens por planta apresentado na tabela 4, observou-se resultado significativo para todas as características. Em relação ao efeito de interação, verificou-se significância para todas as variáveis. O coeficiente de variação apresentou valores bastantes elevados. Observou-se que o fator genótipo junto ao fator estresse apresentaram os maiores números de variáveis significativas, desta forma são fatores que influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento da cultura. As interações para cultivares e regime hídrico indica que as alterações sofridas para efeito de genótipo e regime hídrico tiveram magnitudes diferenciadas, sendo o regime hídrico o maior contribuinte para ocorrência da interação.

Na tabela 5 apresenta-se as médias de comparação dos genótipos em relação aos períodos de estresse hídrico. Em relação ao tratamento controle E0, a cultivar 55 437 apresentou melhor média para todas as características de produção analisadas. Quando submetidos a um estresse de 10 dias o acesso que obteve resultados mais satisfatórios foi o UNI43. Destaca-se a cultivar BR-1 que apresentou resultados superiores aos demais acessos quando submetidos ao período maior de restrição hídrica E2. O acesso UNI69, foi o mais afetado pelo estresse hídrico, evidenciado pela perda total da sua produção.

A partir do momento em que o crescimento e desenvolvimento da cultura é afetado, acarreta em uma menor produção de massa seca, levando a senescência prematura e induzindo redução na produção das vagens (UPADHYAY et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; DUARTE; MELO FILHO; SANTOS, 2013; ARRUDA et al., 2015). Pelo desdobramento dos dados, pode-se notar perdas no rendimento dos

componentes de produção para o número de vagens por planta, peso de vagens por planta e peso de sementes por planta, onde essa redução é evidenciada nos quatro genótipos, principalmente quando submetidos ao estresse de 20 dias E2, de acordo com as médias expostas.

Mendes et al. (2007), trabalhando com relações fonte-dreno em genótipos de feijão de corda, submetidos à deficiência hídrica, relatam que a sua ocorrência resultou em reduções no peso de sementes por planta, e que o estresse hídrico imposto tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, reduziu significativamente o número de vagens produzidas. Em outro experimento, Nascimento et al. (2004) relatam que o componente NVP foi severamente afetado pelos níveis de estresse hídrico impostos pelos tratamentos. Esse comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência à seca utilizado por esta planta, no sentido de buscar melhores condições para superar a falta de água, produzindo menor quantidade de vagens (LEITE, 2000).

Nos dados apresentados na tabela 6, mostram que para a variável NVP as aplicações obtiveram melhores resultados em relação aos períodos E0 e E1, e para o E2 a concentração de 500 mL apresentou melhor média, para todos os genótipos. Ao se tratar da variável MVP as doses de biofertilizante conseguiu atenuar o efeito do estresse no período E2 (20 dias), visto que sem a presença de adubação as plantas não resistiram ao estresse exposto. Esse tipo de resposta poderá estar associado a um mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, haja vista que em condições de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas investem mais biomassa e no sistema radicular, objetivando aumentar a capacidade de absorção de nutrientes. Araújo & Ferreira (1997), trabalhando com amendoim submetido a déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento, observaram uma expressiva redução na matéria fresca da parte aérea em todos os tratamentos, assim como nas características de produção.

CONCLUSIONS

1. O período de 20 dias de estresse hídrico E2 reduziu as trocas gasosas (A , g_s e C_i) e a produção dos quatro genótipos de amendoim.
2. Destaca-se o genótipo UNI43 para as variáveis de produção quando submetido a 10 dias de estresse, e o BR-1 a 20 dias de estresse.
3. A aplicação 500 mL de biofertilizante mostrou-se como a melhor concentração para todas as características analisadas quando submetido ao estresse hídrico.
4. Considerando as variáveis fisiológicas (A , C_i e CO_2) os genótipos BR-1 e 55 437 apresentam melhor resistência ao estresse hídrico.

REFERENCES

314

315 ARAÚJO, W.F.; FERREIRA, L.G.R. 1997. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do
 316 amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p. 481-484, maio.

317 ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. 2015. Crescimento e
 318 produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa**
 319 **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 146-154.

320 AZEVEDO NETO, A.; NOGUEIRA, R. J. M. C., MELO FILHO, P. A; SANTOS, R. C. 2010.
 321 Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant**
 322 **Interactions**, v.5, p.1-10.

323 BARBOSA, D. D. 2016. Desenvolvimento vegetativo e parâmetros fisiológicos em genótipos de
 324 amendoim sob déficit hídrico e inoculados com rizóbios. **Pós-Graduação em Ciências Agrárias da**
 325 **Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão**. p. 36.

326 CAVALCANTE, L. F. et al. 2007. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa
 327 fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p.
 328 15-19.

329 CECHIN, I. et al. 2010. Differential responses between mature and Young leaves of sunflower plants to
 330 oxidative stress caused by water deficit. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 06, p. 1290-1294.

331 CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. 2015. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**.
 332 Boletim informativo. Nono levantamento. Safra 2015/2016. Brasília, DF, v. 3, n. 3 p. 152.

333 CHAGAS KL, VIANA TVA, VASCONCELOS DV, SOUSA GG, PEREIRA FILHO, JV. 2018.
 334 Agronomic performance of strawberry plants under growing environments and organomineral
 335 fertilization. *Pesq. Agropec. Trop* 48: 331-339.

336 DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. 2013. Características agronômicas e índice de
 337 colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de**
 338 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 843-847.

339 DUTRA, F. W.; RAMOS, J. P. C. *et. al.* Trocas gasosas em famílias de amendoim oriundas de
 340 retrocruzamento com anfidiplóide submetidas a déficit hídrico. **I Congresso Internacional da**
 341 **Diversidade do Semiárido**. Paraíba, 2017.

342 FAROOQ, M. et al. 2009. Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management. **Agronomy for**
 343 **Sustainable and Development**, v. 29, n. 01, p. 185-212.

344 FERNANDES, V.L.B. 1993. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**.
 345 Fortaleza: UFC, p. 248.

346 FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S. SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; JUNIOR,
 347 E. S. N. 2014. Trocas gasosas e eficiência fotossintética de ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido.
 348 *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181- 188.

FIGUEREDO, L. F. et. al.; Desempenho agrônomo de amendoim sob diferentes fontes e doses de biofertilizantes. **Acta Iguazu, Cascavel**. v.7. n. 5. p. 17-26, 2018.

FRANÇOIS, T. 2012. Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à irrigação deficitária. **Centro de Ciências Rurais**. Programa de Pós-Graduação em engenharia agrícola. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. p. 25, impressão eletrônica.

GRACIANO, E. S. A. et al. 2011. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.8, p.794-800.

GRACIANO, E.S.A. 2009. Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidos à deficiência hídrica. 2009. 66f. **Dissertação (Mestrado em Botânica/Biotecnologia e Fisiologia Vegetal)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GRANJA, M. M. C.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. 2009. Análise genética em uma população intraespecífica de amendoim baseada em descritores fenotípicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.257-260.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, V. J.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. 2010. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378–386.

KALARIYA, K. A.; SINGH, A. L.; CHAKRABORTY, K.; ZALA, P. V.; PATEL, C. 2013. Photosynthetic characteristics of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under water deficit stress. **Indian Journal Plant Physiology**, Gujarat, India v. 18, n. 2, p. 157–163.

KOPPEN, W. 1923. Dieclimate dererde-grundrib der kimakunde. Berlin, Walter de gruy-ter verlag.

LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. 2000. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v.75, n.1, p.9-20.

LYRA, G. B. et al. 2010. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. **Irriga**, v. 15, n. 2, p. 173-183.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. 2012. Water stress in plants: causes, effects and responses. **In: RAHMAN, I. M. M, Water Stress**, Rijeka: INTECH, 1-14.

MACHADO, E. C. et al. 2002. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira ‘Valência’. **Revista Scientia Agricola**, v. 59, n. 01, p. 53-58.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 444, p. 139-158.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA. R. J. M. C. 2007. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v.38, n.1, p. 95-103.

383 NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. 2004. Efeito da variação de níveis
384 de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes.
385 **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.174-177.

386 NOGUEIRA, R. J. M. C. N.; SANTOS, R. C. 2000. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao
387 estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, p.41-
388 45.

389 OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, J. E.; RODRIGUES, T. J. D. 2005. Condutância estomática como
390 indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 86- 95.

391 PALLAS, J.E.; STANSELL, J.R; KOSKE, T.J. 1979. Effects of drought on florunner peanuts. **Agronomy**
392 **Journal, Madson**, v.71, p.853-858.

393 PEIXOTO, C. P. 2011. **Curso fisiologia vegetal**. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
394 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA. Cruz das Almas p.177, impressão
395 eletrônica.

396 PENTEADO, S. R. 2007. **Adubação Orgânica - Compostos Orgânicos e Biofertilizantes**. 2ª ed.
397 Campinas: via Orgânica, p. 160.

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

401 PEREIRA, J. W. L.; SILVA, E. C. A.; LUZ, L. N.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.;
402 LIMA, L. N.; SANTOS, R. C. 2015. Cluster analysis to select peanut drought tolerance lines. **Australian**
403 **Journal os Crop Science**, v.9, n.11, p.1095-1105.

404 PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B., MELO FILHO, P. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA,
405 L. M.; SANTOS, R. C. 2016. Assessment of drought tolerance of peanut cultivars based on physiological
406 and yield traits in a semiarid environment. **Agricultural Water Management**, v.166, p.70-76.

407 PIMENTEL, G. F. 2000. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, p. 541.

408 RAMOS, J. P. C.; LUZ, L. N.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, L. M.; FREIRE, R. M. M.; MELO
409 FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. 2015. Clustering fastigiata peanut accessions for selection of early- mature
410 types suitable for the food Market. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.11.

411 Fontana, D. C., Alves, G. M., Roberti, D., Moraes, O. L. L. e Gerhardt, A. 2012. Estimativa da radiação
412 fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja através de dados do sensor Modis. *Bragantia*, 71,
413 563-571.

414 SANTOS, M. G. et. al. 2009. Photosynthetic parameters and leaf water potential of Five common beans
415 genotypes under mild water déficit. **Biologic Plantarum**, v. 53, n. 2, p. 229 – 236.

416 SHIMAZAKI, K. I. et al. 2007. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant**
417 **Biology, Gainesville**, v. 58, n. 1, p. 219-247.

418 SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. A.; SILVA, M.
 419 S. L.; MATOS, A. N. B. 2007. Preparo e uso de biofertilizante líquido. Petrolina: **EMBRAPA** Semiárido.
 420 SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S.
 421 2015. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação.
 422 **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.946-952.
 423 SOUSA, R.P. et.al. 2004. Photosynthetic gas Exchange, chlorophyll fluorescence and some associated
 424 metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and**
 425 **Experimental Botany**. V.51, p.45-56.
 426 SOUSA, G. G. et al. 2012 Características agrônômicas do amendoimzeiro sob irrigação com águas salinas
 427 em solo com biofertilizantes. Revista Agroambiente On-line, Boa Vista, v.6, n.2, p.124-132, maio/ago.
 428 TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2017. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed.: Artmed Porto Alegre, p. 719.
 429 TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2017. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, p. 729.
 430 TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918.
 431 TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I. 1991. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência
 432 hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22,
 433 n.1/2, p.47-60.
 434 UPADHYAY, H. D.; SHARMA, S.; SINGH, S.; SINGH, M. 2011. Inheritance of drought resistance
 435 related traits in two crosses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Euphytica, Wageningen**, v. 177, n. 1, p.
 436 55-66.
 437 VIANA, T. V de A. et. al. 2013. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com
 438 biofertilizantes. **Agrária- Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.585-601.
 439

Tables and Figures

Tabela 1. Características químicas do biofertilizante líquido aplicado via solo.

Biofertilizante	Componentes									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Bovino	----- g L ⁻¹ -----					----- mg L ⁻¹ -----				
	2,73	1,7	1,6	3,1	0,6	-	42,6	0,2	6,1	6,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Tabela 2. Análise química e física do solo utilizado antes do cultivo dos genótipos e da aplicação do biofertilizante.

Características químicas												
MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al	SB	CTC	CEes	pH
g kg ⁻¹	mg/kg						cmolc kg-1					dS m ⁻¹
4,03	0,24	2	0,10	2,50	0,30	0,57	0,33	0,00	2,86	3,76	0,37	7,6
Características físicas												
Areia			Silte			Argila			Densidade			
----- % -----									g cm ⁻³			
80			13			7			1,53			

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

MO – Matéria orgânica; SB – Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺); CTC – Capacidade de troca de cátions – [Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺ + (H⁺ + Al³⁺)]; o pH foi medido em extrato aquoso (1: 2,5).

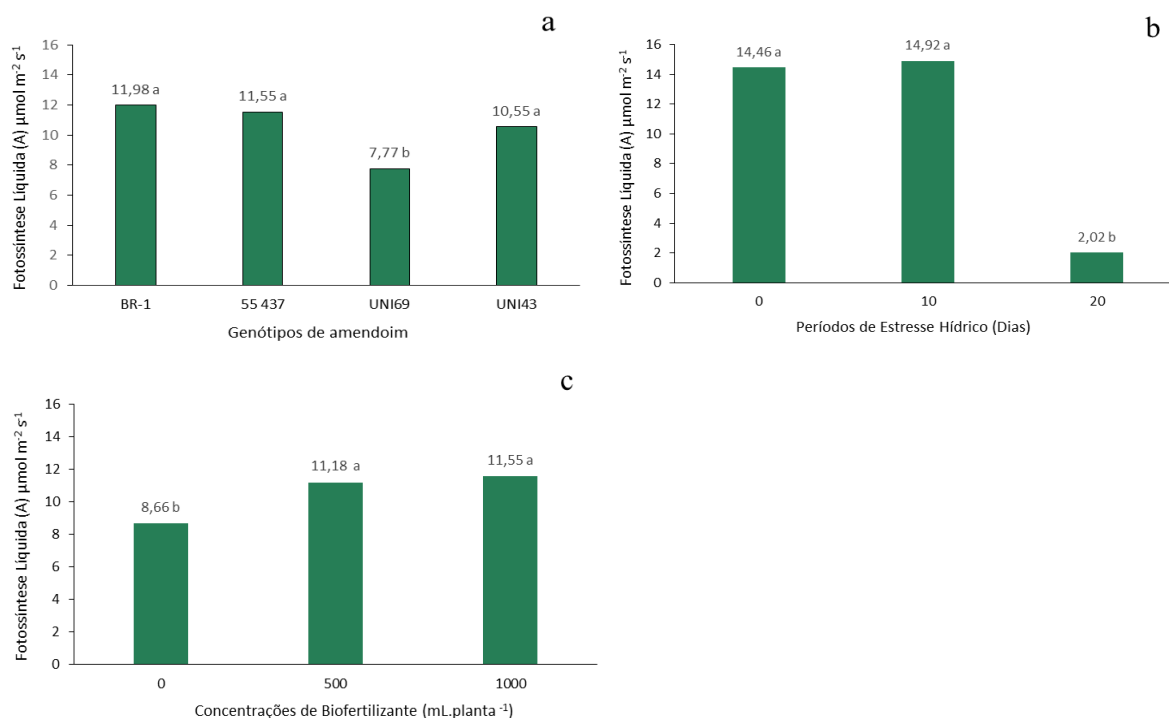
Tabela 3. Síntese da análise de variância para concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol mol⁻¹), condutância estomática (Gs) (mol m⁻² s⁻¹) e taxa fotossintética líquida (A) (μmol m⁻² s⁻¹) de quatro genótipos de amendoim submetidos a períodos de estresse hídrico e diferentes concentrações de biofertilizante.

FV	GL	QM		
		Ci	Gs	A
Genótipo (F1)	3	6277,44136 ns	0,65286 **	0,51880 **
Estresse (F2)	2	695205,78704 **	5,37523 **	1925,76715 **
Doses (F3)	2	4512,56481 ns	0,30870 ns	89,10449 **
F1xF2	6	12350,10802 *	0,41354 *	15,43190 ns
F1xF3	6	2446,73765 ns	0,31220 *	13,80217 ns
F2xF3	4	12989,45370 *	0,11178 ns	22,27121 ns
F1xF2xF3	12	4736,29321 ns	0,31775 *	15,80341 ns
Tratamentos	35	46166,95529 **	0,62689 **	136,39243 **
Resíduo	72	4208,54630	0,13562	9,90529
Média		209,54630	0,51880	10,47009
CV%		30,96	70,99	30,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

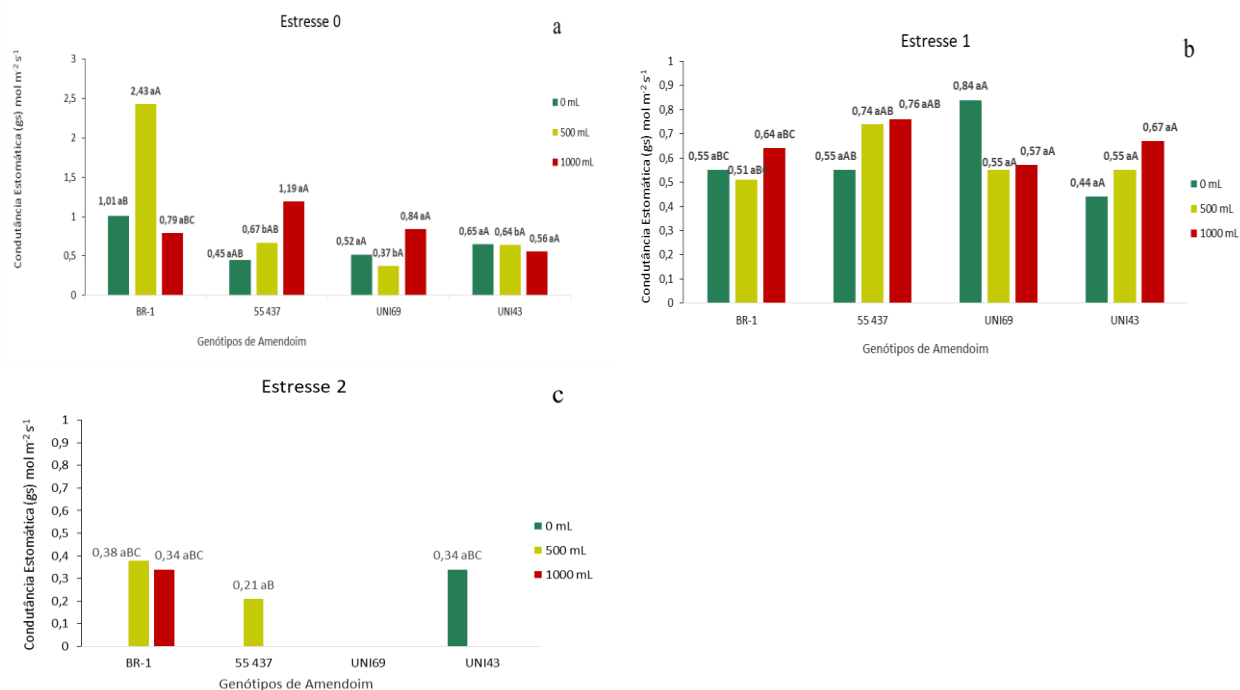
** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. NS – Não significativo, QM - Quadrado médio, FV – Fonte de variação, GL - Graus de liberdade, CV – Coeficiente de variação

Figura 1. Taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para quatro genótipos de amendoim (a); três períodos de estresse hídrico (b) e concentrações de biofertilizante (c).



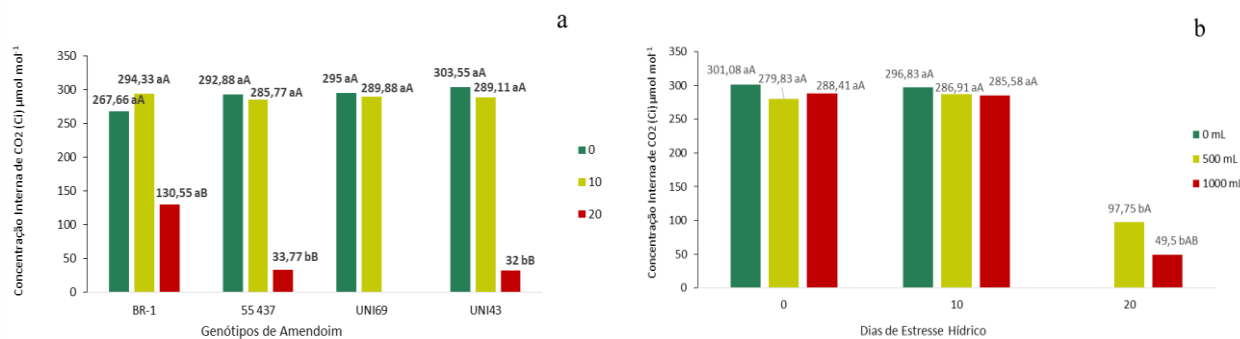
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 2. Condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para quatro genótipos de amendoim submetidos a períodos de estresse hídrico e concentrações de biofertilizante. (a) – sem estresse hídrico; (b) – 10 dias de estresse hídrico; (c) – 20 dias de estresse hídrico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 3. Concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol mol⁻¹) para quatro genótipos de amendoim submetidos a períodos de estresse hídrico (a); e Interação Estresse x Doses de Biofertilizante (b).



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Tabela 4. Síntese da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), massa de sementes por planta (MSP) e massa de vagens por planta (MVP) submetidos a períodos de estresse hídrico e concentrações de biofertilizante bovino.

FV	GL	QM		
		NVP	MSP	MVP
Genótipo (G)	3	35,91 **	24,85 **	47,85 **
Estresse (E)	2	246,25 **	86,85 **	188,97 **
Concentrações (C)	2	24,84 --	8,36 *	18,53 **
Int. G x E	6	13,69 **	6,70 **	13,01 **
Int. G x C	6	4,34 ns	2,46 ns	4,12 ns
Int. E x C	4	12,23 *	3,47 ns	8,44 *
Int. G x E x C	12	3,18 ns	1,53 ns	3,20 ns
Tratamentos	35	24,15	89,37	20,96
Resíduo	72	3,61	7,77	3,09
Média		3,68	2,05	2,98
CV%		51,57	65,89	58,94

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

-- Os tratamentos são quantitativos, ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. QM - Quadrado médio, FV – Fonte de variação, GL - Graus de liberdade, CV – Coeficiente de variação.

Tabela 5. Médias para as características de número de vagens por planta, massa de sementes por planta e massa de vagens por planta para quatro genótipos de amendoim submetidos a três períodos de estresse hídrico e concentrações de biofertilizante bovino.

	NVP			MSP			MVP		
ACESSO	ESTRESSE								
	E0	E1	E2	E0	E1	E2	E0	E1	E2
BR-1	3,55 bAB	4,00 bcA	1,55 aB	2,33 bA	2,47 abA	0,66 aB	3,22 bA	3,05 bcA	0,77 aB
55 437	6,88 aA	5,88 abA	0,55 aB	4,71 aA	3,44 aA	0,11 aB	6,50 aA	4,88 abA	0,33aB
UNI69	4,11 bA	3,11 cA	0,00 aB	1,37 bA	0,97 bA	0,00 aA	2,52 bA	1,74 cAB	0,00 aB
UNI43	6,55 aA	7,44 aA	0,55 aB	4,27 aA	3,88 aA	0,33 aB	6,11 aA	6,33 aA	0,33 aB
M	5,27	5,11	0,66	3,17	2,70	0,28	4,59	4	0,36

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Médias seguidas na mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). Letras maiúsculas comparam entre tratamentos e minúsculas entre genótipos. NVP – número de vagens por planta, MSP – massa de sementes por planta, MVP – massa de vagens por planta, E0 – período sem estresse hídrico, E1- 10 dias de estresse, E2- 20 dias de estresse.

Tabela 6. Médias para as características de número de vagens por planta e massa de vagens por planta para interação estresse hídrico e concentrações de biofertilizante bovino.

NVP				MVP		
ESTRESSE	CONCENTRAÇÕES					
	C0	C1	C2	C0	C1	C2
E0	4,41 a	4,91 a	6,50 a	3,35 aB	4,75 aAB	5,66 aA
E1	4,41 a	4,08 a	6,83 a	3,51 aB	3,16 aB	5,33 aA
E2	0,00 b	1,58 b	0,41 b	0,00 bA	0,91 bA	0,16 Ba
M	4,41	3,52	4,58	3,43	2,94	3,72

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Médias seguidas na mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). Letras maiúsculas na horizontal comparam entre doses e minúsculas na vertical entre estresses. NVP – número de vagens por planta, MVP – peso de vagens por planta, E0 – período sem estresse hídrico, E1- 10 dias de estresse, E2- 20 dias de estresse, C0 - Controle (sem adubação), C1 – (500 mL de biofertilizante), C2 - (1000 mL de biofertilizante).