

Parâmetros morfológicos e fisiológicos de *Brachiaria brizantha* submetida ao déficit hídrico

Johny de Souza Silva¹, Leandro Alves Pinto², Matheus Gonçalves de Freitas², Antonio Jorge Soares Feitosa², Cicero Lucas da Silva², Juan Carlos Alvarez-Pizarro²

¹Universidade Federal do Ceará (UFC), Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia (PPGAF), Fortaleza, Ceará, Brasil

²Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), Crato, Ceará, Brasil

E-mail autor correspondente: johny.ufca@gmail.com

Artigo enviado em 31/10/2018, aceito em 18/12/2018.

Resumo: O Nordeste brasileiro, em sua maior parte pertencente ao clima semiárido, região em que a maioria da população sobrevive da agricultura. No entanto, o déficit hídrico é um dos fatores limitantes da produtividade do setor agrícola em regiões como essa. Entre as plantas cultivadas podem-se citar as gramíneas do gênero *Brachiaria*, uma das forrageiras mais produzidas e cultivadas no país, podendo ser utilizada na alimentação de bovinos, equinos e caprinos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas morfológicas e fisiológicas da *Brachiaria brizantha* submetida ao estresse hídrico. Avaliou-se o conteúdo relativo de água (CRA), danos de membrana, crescimento da parte aérea e raiz. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, com 2 irrigações (80 e 40% da capacidade de campo) e 4 épocas de coletas (0, 3, 8 e 15 dias), com 5 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. De acordo com os dados obtidos, a imposição de uma capacidade de campo de 40% não foi suficiente para causar danos severos às plantas de *Brachiaria brizantha*. Para o crescimento, vazamento de eletrólitos e CRA, as plantas não foram afetadas em comparação ao controle, no entanto, um maior período de exposição proporcionou diferenças estatísticas no crescimento e vazamento de eletrólitos. Portanto, com os parâmetros avaliados verificou-se que as respostas morfológicas foram semelhantes entre os tratamentos, já os parâmetros fisiológicos demonstram que as plantas sob estresse mantêm a integridade de suas membranas em resposta ao déficit hídrico.

Palavras-chaves: Gramíneas. Efeito abiótico. Produtividade.

Morphological and physiological parameters of *Brachiaria brizantha* submitted to water deficit

Abstract: The Brazilian Northeast, mostly belonging to the semi-arid climate, the region whose majority of the population survives from agriculture. However, the water deficit is one of the limiting factors of the productivity of the agricultural sector in regions like this one. Among the cultivated plants we can mention the grasses *Brachiaria* genus, one of the most produced and cultivated fodder in the country, being able to be used in the feeding of cattle, horses and goats. The objective of this work was evaluated as morphological and physiological responses of *Brachiaria brizantha* submitted to water stress. Relative water content (RWC), membrane damage, shoot growth and root growth were evaluated. The experimental design was completely randomized in a 2 x 4 factorial scheme, with 2 irrigations (80 and 40% of the field capacity) and 4 collection times (0, 3,

8 and 15 days), with 5 replications, totaling 40 experimental plots. According to the data obtained, the imposition of a 40% field capacity was not enough to cause severe damage to *Brachiaria brizantha* plants. For growth, electrolyte leakage and (RWC), plants were not affected in comparison to control, however, a longer exposure period provided statistical differences in electrolyte growth and leakage. Therefore, with the evaluated parameters, it was verified that the morphological responses were similar among the treatments, whereas the physiological parameters demonstrate that the plants under stress maintain the integrity of their membranes in response to the water deficit.

Keywords: Grass. Abiotic effect. Productivity.

Introdução

A irregularidade das chuvas é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas. Em ambientes como esses, onde as taxas de evapotranspiração são elevadas, juntamente com a limitada disponibilidade de água no ambiente radicular, fazendo com que as plantas enfrentem constantemente situações de déficit hídrico (GHOBADI et al., 2013).

O déficit hídrico é definido como um desequilíbrio entre a disponibilidade de água no solo e a demanda por evaporação. Além disso, como resultado desse desequilíbrio a planta apresenta alterações nos seus processos fisiológicos, que levam a uma inibição do seu crescimento e desenvolvimento (JALEEL et al., 2009; TARDIEU et al., 2011).

A agricultura demanda grandes quantidades de água para suprir as necessidades das plantas, no entanto, esse bem tem se tornado cada vez mais limitado, principalmente em regiões semiáridas (OLIVEIRA et al., 2015). Com isso para minimizar os efeitos da deficiência hídrica evidentes em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, alguns produtores buscam utilizar cultivares adaptadas ou tolerantes a tais condições de adversidades (FAROOQ et al., 2009).

O Nordeste do Brasil é conhecido como uma região semiárida, em que a maioria da população sobrevive da

agricultura de sequeiro (SILVA et al., 2011). Entre as plantas que se desenvolvem nessa região, temos várias espécies de gramíneas, que crescem naturalmente ou são cultivadas, e que possuem participação expressiva na alimentação animal, tanto como volumoso, quanto como concentrado (PEREIRA et al., 2009). No entanto, para conseguirem concluir seu ciclo fenológico é necessário que as plantas desenvolvam uma série de estratégia de tolerância, a fim de evitar o estresse provocado pela seca (CHAGAS et al., 2008).

Os danos sofridos pelas plantas podem ser minimizados através de características presentes na mesma que permitem uma manutenção do status hídrico durante a redução da umidade do solo. Entre os fatores que contribuem para uma resposta da planta ao estresse hídrico, podemos citar: os mecanismos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos.

Em resposta inicial, a planta pode realizar o fechamento dos estômatos, a fim de reduzir a taxa de transpiração. Outros processos também são afetados como a produção de ácido abscísico, abscisão foliar e ajustamento osmótico (JUNIOR et al., 2017; TAIZ e ZEIGER, 2009).

O ajustamento osmótico atua proporcionando a manutenção da turgescência e processos relacionados, tais como abertura estomática,

crescimento, alongamento celular e síntese de compostos orgânicos. O conteúdo relativo de água está diretamente relacionado com o conteúdo hídrico da planta, e o estresse hídrico altera o conteúdo relativo de água, afetando diretamente todo o processo fotossintético e outros aspectos fisiológicos da planta (MEHER et al., 2018, ZHANG et al., 2018).

A família Poaceae é constituída de plantas popularmente conhecidas por capim. No Brasil as áreas de pastagens evoluíram significativamente com a introdução das gramíneas, entre elas, podemos destacar dois gêneros de grande importância *Brachiaria* e *Panicum*.

Entres os gêneros mais utilizados podemos citar o *Brachiaria*, que tem incrementado seu cultivo no Brasil, principalmente por ser uma planta rústica, que permite adaptações às mais diversas condições, tanto de solo quanto de clima. Além disso, esse gênero, merecem destaque por possuir sistema radicular vigoroso e profundo, que permitem a busca por nutrientes nas camadas mais profundas, além de, apresentar elevada tolerância à deficiência hídrica. Portanto, a importância desse gênero se dá porque a *Brachiaria* e suas cultivares, se adaptaram às condições edafoclimáticas dos trópicos, predominando nas pastagens existentes, assim como em pastagens em desenvolvimento (CARDOSO et al., 2014, PEZZOPANE; RIBEIRO, 2015, SÁVIO et al. (2011).

Tendo em vista esses aspectos, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o comportamento fisiológico e morfológico em gramínea forrageira da espécie *B. brizantha* submetida ao estresse hídrico no Cariri cearense.

Material e métodos

A condução do experimento e as análises fisiológicas do material foram realizadas em casa de vegetação e no Laboratório de Biologia, ambos, com sede no Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade da Universidade Federal do Cariri (UFCA), localizada na cidade do Crato município do estado do Ceará. As análises de aminoácidos, carboidratos, açúcares redutores e prolina foram realizadas no Laboratório de Química e na Central Analítica sediados no Campus de Juazeiro de Norte pertencente à UFCA.

O substrato para o cultivo das gramíneas consistiu de uma mistura de areia de textura média e vermiculita na proporção de 1:1 em volume. Antes da mistura, a areia foi lavada com água corrente para retirar o excesso de sais e em seguida colocada para secar ao ambiente por um período mínimo de sete dias. No momento da preparação do substrato foram usados 1,8 L de vermiculita e 1,8 L da areia lavada, os quais foram misturados e em seguida colocados em vasos plásticos com capacidade para 5 litros.

Para a semeadura, as sementes da espécie *Brachiaria brizantha* cv. piatã, foram esterilizadas com solução de hipoclorito de sódio (NaClO) diluído em água destilada na proporção de 1/3 por um período de cinco minutos. Em seguida, foi realizado o plantio de 15 sementes por vasos, com distribuição uniforme das sementes.

A capacidade máxima de retenção de água do substrato foi determinada em casa de vegetação, em vasos com mesma capacidade dos utilizados no experimento. Para essa determinação os vasos foram preenchidos com o substrato, pesados e colocados em bancada. Posteriormente,

adicionou-se água até que satura-se o substrato de modo a retirar todo o oxigênio contido em seus poros. Ao cessar a drenagem, os vasos foram novamente pesados e por diferença obteve-se a capacidade de campo máxima do substrato, denominado de capacidade de campo de 100%, o qual foi equivalente a uma quantidade de água no solo de 1100ml.

Durante o experimento os vasos foram pesados diariamente para repor água até atingir a necessidades de 80% da capacidade de campo (cc), faixa ideal para que a planta tenha um desenvolvimento sem sofrer danos. Foi determinado que a partir do 22º dia de cultivo, as plantas passariam a ser irrigadas alternadamente com solução nutritiva de Hoagland. Após 32 dias nesse processo foi realizado a aplicação do estresse por deficiência de água. A partir daí a irrigação continuou sendo feita diariamente, porém dividiu-se os vasos em dois tratamentos, 80% cc, que representou o tratamento controle e 40 % cc, denominado tratamento estresse hídrico. Para realizar a irrigação utilizou-se uma balança digital para verificar o peso dos vasos e através desse dado completar a necessidade de água de cada tratamento.

Para o tratamento controle adotou-se uma capacidade de campo de 80% cc, onde esse valor corresponde a um volume de 880 mL de água no substrato. Enquanto isso, o tratamento estresse hídrico foi mantido em 40% da cc, correspondendo a um volume total de 440 mL de água no substrato. Aos dez dias foi realizado um desbaste, onde todos os vasos permaneceram com seis plantas, para as futuras análises.

O material vegetal foi coletado em quatro tempos diferentes. Primeira coleta das plantas foi realizada aos 32 dias de cultivo, sendo denominada de T₀,

antes da imposição do estresse hídrico; após isso foi realizado a segunda (t₁), terceira (t₂) e quarta (t₃) coleta, que corresponde a três, oito e 15 dias de exposição ao estresse hídrico, respectivamente. Em cada tempo de coleta, cinco vasos de cada um dos tratamentos (controle e hídrico) com seis plantas em cada foram coletadas individualmente.

Foram determinados o comprimento e os pesos frescos da parte aérea e das raízes em uma planta por vaso, para isso usou-se uma régua e uma balança analítica. Em todas as épocas de coleta foram realizadas as análises de crescimento.

Para estimar o conteúdo relativo de água foram retirados com o auxílio de tubos de *ependorf* dez discos foliares do limbo foliar, os quais foram imediatamente pesados em balança analítica, para obtenção do peso da massa fresca. Logo após isso os discos foram imersos em 20 mL de água deionizada e acondicionados em cabine de crescimento com iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes brancas de 70 watts por um período 24 horas. Após esse tempo, as superfícies dos discos foram secas cuidadosamente e os discos pesados para obtenção do peso da massa túrgida. Os discos foram então levados à estufa regulada a uma temperatura de 60°C por 72 horas para obtenção do peso de massa seca.

Para o cálculo do conteúdo relativo de água utilizou-se a seguinte fórmula:

$$CRA(\%) = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100$$

Sendo CRA - conteúdo relativo de água; MF - massa fresca; MS - massa seca; MT - peso da massa túrgida.

O nível de dano provocado pelo estresse hídrico sobre as membranas biológicas em folhas e raízes foi determinado através do vazamento de eletrólitos. Para a análise foram obtidos discos foliares com o auxílio de um tubo *eppendorf* e em seguida, foram acondicionados em tubos de ensaios contendo 12 mL de água deionizada. Para as raízes, a determinação foi feita utilizando segmentos radiculares de 1 cm, e com aproximadamente 100 mg de massa fresca.

As raízes e discos foliares ficaram em repouso por duas horas, sendo realizada em seguida a primeira medida de condutividade elétrica, (denominada L1), para isso utilizou-se um condutivímetro de bancada da marca OAKLON. Posteriormente as amostras foram colocadas em banho-maria com temperatura de 75°C, por 30 minutos. Decorrido esse tempo, retirou-se as amostras e aguardou que as mesmas atingisse a temperatura ambiente para em seguida realizar a leitura de condutividade elétrica final (L2). Para o cálculo do VE utilizou-se a seguinte fórmula:

Para o cálculo dos vazamentos de eletrólitos utilizou-se a seguinte fórmula:

$$V.E (\%) = \frac{L1}{L2} \times 100$$

Sendo VE - vazamento de eletrólitos; L1 - leitura inicial; L2 - leitura final.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4, com 2 irrigações (80 e 40% da capacidade de campo) e 4 épocas de coletas (0, 3, 8 e 15 dias) com 5 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

As variáveis analisadas foram submetidas ao teste de Kolmogorov-smirnov para verificar a distribuição de probabilidade normal, sendo o procedimento de transformação dos dados $\sqrt{x} + 1$ utilizados para as variáveis que violaram esta condição.

Resultados e Discussão

Não houve interação significativa ($P < 0,05$) entre as condições hídricas, controle 80 % cc e estresse hídrico 40% cc, em cada período de avaliação tanto para parte aérea, como para raiz, no entanto houve interação significativa ($P < 0,05$) ao longo da exposição ao estresse hídrico, para parte aérea e raiz (Tabela 1).

Tabela 1. Síntese da análise de variância para a variável crescimento (cm)

FV	Parte Aérea		F	Raiz	
	GL	QM		QM	F
CH	1	257,556	6,4 ns	7,921	0,134 ns
TEMPO	3	541,061	13,445 **	343,061	4,59 **
CH*TEMPO	3	29,573	0,735 ns	48,344	0,816 **
ERRO	32	40,243		59,248	
TOTAL	39				
CV (%)		17,91		19,69	

Onde: CH: condição hídrica; TEMPO: exposição ao estresse. **: significativo ($P < 0,05$); NS: não significativo; CV%: coeficiente de variação.

Pode-se observar que a parte aérea das plantas irrigadas e não irrigadas, a partir do 8º dia de exposição apresentaram uma maior taxa de crescimento, sendo os resultados significativos a ($P < 0,05$) (Figura 1).

Quando comparou-se os tratamentos 80% e 40% cc (Figura 1)

em cada tempo de exposição ao estresse, ou seja comparando os tratamentos entre si, observamos que não houve uma interação significativa em nenhum dos quatros tempos de coletas, ou seja, as plantas tiveram um comportamento semelhante, não diferindo umas das outras.

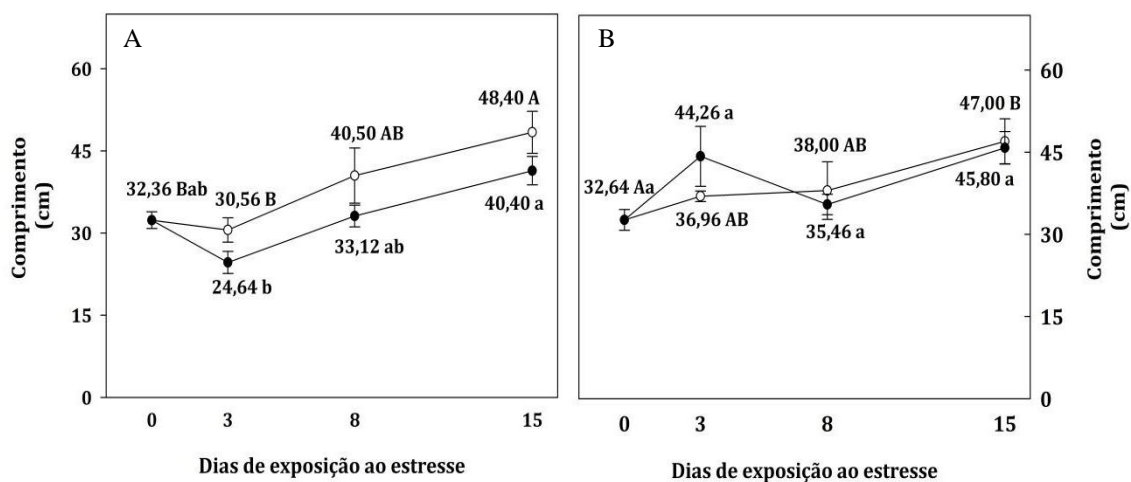


Figura 1 - (A) Crescimento da parte aérea e (B) raiz de *Brachiaria brizantha*, submetidas ao estresse hídrico. Plantas irrigadas são identificadas pelas esferas brancas, plantas com irrigação limitada, esferas pretas. As médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para as plantas irrigadas e minúsculas para as plantas com déficit hídrico não diferem.

Analisando os dados de cada tratamento ao longo do experimento para parte aérea, verificamos que quando comparamos as plantas da primeira coleta com as das últimas coletas, o uso da irrigação aumentou o crescimento em 33,14%, enquanto que as plantas com irrigação limitada tiveram um incremento significativo de 19,90%.

O crescimento vegetal depende da disponibilidade de água no solo, pois os processos de expansão celular estão relacionados ao nível de água que a planta pode absorver (SANTOS et al., 2014). A baixa disponibilidade hídrica afeta negativamente o crescimento das plantas.

Em relação aos tratamentos, resultados semelhante foram

encontrados por Bonfim-Silva et al. (2011), que avaliando o desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico, verificaram que as espécies milho e sorgo apresentaram a mesma altura da parte aérea quando comparadas as disponibilidade hídrica de 30 e 60% da capacidade de campo.

Verificou-se que as raízes das plantas de *Brachiaria brizantha* irrigadas, apresentaram um crescimento significativo quando comparadas a primeira coleta e a última coleta (0 dias de estresse e 15 dias de exposição ao estresse respectivamente). As raízes sob condição de estresse quando comparadas com o tratamento controle apresentaram um maior comprimento, embora esse aumento não seja

significativo. Portanto, o crescimento radicular das plantas irrigadas e não irrigadas foram semelhantes.

Em solos com limitada quantidade de água pode ocorrer redução na oferta de oxigênio para as raízes, como resposta, a planta tende a retardar ou inibir seu desenvolvimento radicular (SOBRINHO et al., 2011). No entanto, Leite et al. (2005), afirmam que há uma tendência a um aumento no

tamanho radicular, principalmente porque nesta condição a planta necessita ir em busca de água em uma maior profundidade.

Na análise de variância para o parâmetro fisiológico conteúdo relativo de água (CRA), correlacionando as condições hídricas e o tempo de exposição ao estresse, não houve interação significativa entre os fatores avaliados ($P < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Síntese da análise de variância para a variável conteúdo relativo de água

FV	Parte Aérea		F
	GL	QM	
CH	1	0,195	2,445 ^{ns}
TEMPO	3	0,049	0,622 ^{ns}
CH*TEMPO	3	0,065	0,822 ^{ns}
ERRO	32	0,079	
TOTAL	39		
CV (%)	3		

Onde: CH: condição hídrica; TEMPO: exposição ao estresse. **: significativo ($P < 0,05$); NS: não significativo; CV%: coeficiente de variação.

Comparando os dados de CRA do autor da presente pesquisa (Figura 2), podemos observar que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os controles, 80% da capacidade de campo e o tratamento estresse hídrico, 40% da capacidade de campo, ao longo do tempos de exposição ao estresse. O

Alguns trabalhos corroboram com os dados obtidos nessa pesquisa, como Moura et al. (2016) que avaliou as relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos onde verificou que houve diferenças significativas entre os tratamentos hídricos apenas a partir dos 120 dias, no

conteúdo relativo de água é uma das opções de verificar o estado hídrico dos tecidos vegetais, sendo assim, utilizado para estimar o total de água no interior da folha, podendo ainda, determinar se a planta possui capacidade de tolerar à seca (ARNDT et al., 2015).

tratamento com 40% CP, antes disso não houve diferenças significativas. Maia et al. (2007) ao avaliar o comportamento de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico, constatou que não houve interação significativa entre o estresse aplicado e o teor de água nas folhas.

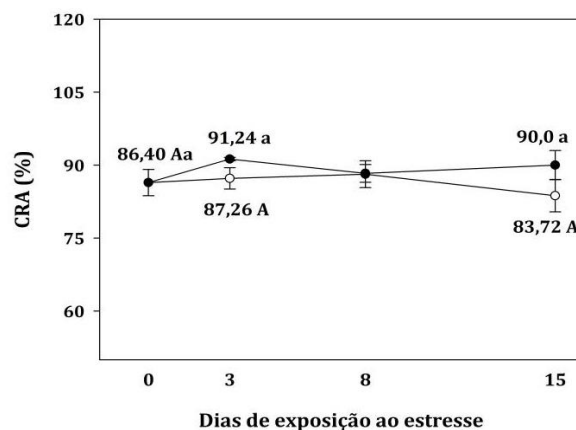


Figura 2 – CRA em folhas de *Brachiaria brizantha*, submetidas ao estresse hídrico. Plantas irrigadas são identificadas pelas esferas brancas, plantas com irrigação limitada, esferas pretas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para as plantas irrigadas e minúsculas para as plantas com déficit hídrico não diferem.

O estado hídrico da planta estabelece relação direta entre aspectos fisiológicos da mesma e sua capacidade de desenvolvimento e crescimento. Déficit hídrico prolongado induz redução do conteúdo de água no mesófilo. No entanto, esses dados revelam indícios de que essa espécie tem capacidade de ajustar-se osmoticamente a fim de manter água nos tecidos vegetais, possibilitando a

planta tolerar até certo nível de deficiência hídrica.

A análise de variância para a variável fisiológica vazamento de eletrólitos é mostrada na tabela 3. Houve interação significativa apenas para o tempo de exposição na parte aérea. Os demais fatores de variação não sofreram interação significativa ($P < 0,05$).

Tabela 3. Síntese da análise de variância para a variável vazamento de eletrólitos

FV	Parte Aérea		F	Raiz	F
	GL	QM			
CH	1	14,292	0,375 ^{ns}	0,213	0,23 ^{ns}
TEMPO	3	74,864	1,964 ^{**}	1,286	1,384 ^{ns}
CH*TEMPO	3	37,959	0,996 ^{**}	1,469	1,581 ^{ns}
ERRO	32	38,125		0,929	
TOTAL	39				
CV (%)	19,41				18,88

Onde: CH: condição hídrica; TEMPO: exposição ao estresse. **: significativo ($P < 0,05$); NS: não significativo; CV%: coeficiente de variação.

Um parâmetro importante no estudo de plantas induzidas ao estresse é o vazamento de eletrólitos através das membranas celulares, pois o mesmo pode ser um indicador da integridade

das membranas. Avaliando os dados da parte aérea (Gráfico 3a), podemos observar que as plantas submetidas ao estresse não apresentaram diferença estatística, enquanto que as plantas do

tratamento controle apresentaram um leve aumento no extravasamento de eletrólitos. Comparando os tratamentos em cada dia de coleta para a parte aérea, não houve diferença estatística em relação às plantas irrigadas.

Resultados divergentes foram observados por Peloso et al. 2017, que observaram efeito significativo do estresse hídrico em folhas de *Coffea*

arabica. No entanto, Jungkhan, Saengnil e Uthaibutra (2017), não encontraram diferenças significativas para essa variável até o 20º dia de estresse, no entanto, com 30 dias de exposição, foi observado diferenças entre os tratamentos. Nossos resultados indicam que não estão havendo danos à membrana, permitindo assim a fluidez dos eletrólitos.

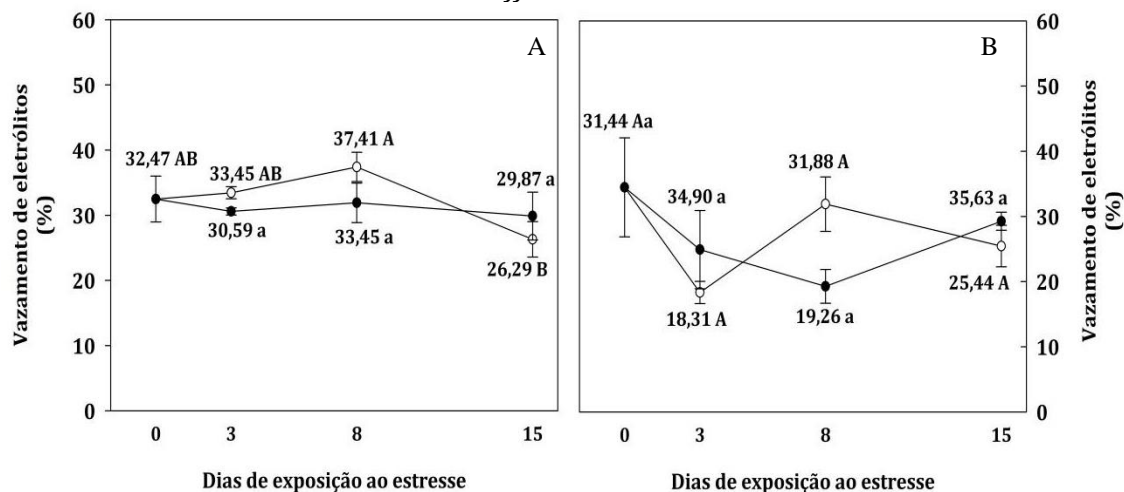


Figura 3 – (A) Vazamento de eletrólitos em folhas e (B) raízes de *Brachiaria brizantha*, submetidas ao estresse hídrico. Plantas irrigadas são identificadas pelas esferas brancas, plantas com irrigação limitada, esferas pretas. As médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para as plantas irrigadas e minúsculas para as plantas com déficit hídrico não diferem.

Observando os resultados referentes às raízes (Gráfico 3b), não notamos diferenças estatísticas dos tratamentos ao longo dos dias de exposição, e nem entre os tratamentos em cada tempo de coleta. No entanto, apesar de não haver diferença entre os tratamentos, houve uma redução de 19,08 e 18,47% nos valores de vazamentos de eletrólitos para as plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente, quando comparando o 15º dia de exposição com a primeira coleta. Nesse sentido, o estresse induzido não provocou danos mecânicos na parede celular da espécie.

Conclusão

De acordo com os parâmetros avaliados a espécie estudada apresenta tolerância ao estresse hídrico aplicado. As respostas fisiológicas mostram que apesar de haver limitação de água nos vasos, as plantas mantiveram o seu ajustamento osmótico e a integridade das membranas, ambos os fatores essenciais para a tolerância da deficiência hídrica. Os parâmetros morfológicos não foram afetados pelo estresse.

Referências

ARNDT, S. K.; IRAWAN, A.; SANDERS, G. Apoplastic water fraction and rehydration techniques introduce e significant errors in measurements of

relative water content and osmotic potential in plant leaves. **Internatinal Journal for Plant Biology**, v. 155, p. 355-368, 2015.

BONFIM-SILVA, E. M.; DA SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I.; BINOTTI, F. F. S.; NOGUEIRA, D. C.; FILHO, W. V. V.; Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 21-38, 2014.

CHAGAS, M. G. S.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M. Avaliação da dinâmica espectral da vegetação de Caatinga em Arcoverde, Pernambuco. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 2, p. 45-60, 2008.

COSTA, R. C. L. Conteúdo Relativo de Água, Teor de Prolina e Carboidratos Solúveis Totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, s. 2, p. 918-920, 2007.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable and Devenlopment**, v. 29, n. 01, p. 185-212, 2009.

GHOBADI, M.; TAHERABADI, S.; GHOBADI, M.; MOHAMMADI, G.; JALALI-HONARMAND, S. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivar in response to

drought stress. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 29-38, 2013.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plant: a review on morphological characteristics and pigments composition. **Internation Jornal Agricultural Biology**, Islamabad, v. 11, p. 100-105, 2009.

JUNGKLANG, J.; SAENGNIL, K.; UTHAIBUTRA, J. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 7, p. 1505-1512, 2017.

JUNIOR, F. H. N.; GONDIM, F. A.; FREITAS, VALDINEIA, S. F.; BRAGA, B. B.; DE BRITO, P. O. B.; MARTINS, K. Crescimento foliar e atividades das enzimas antioxidativas em plântulas de girassol suplementadas com percolado de aterro sanitário e submetidas a estresse hídrico. **Ambiente e Água - An interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 1, Taubaté, 2017.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, 2005.

MAIA, P. S. P.; NETO, C. F. O.; CASTRO, D. S.; FREITAS, J. M. N.; LOBATO, A. K. S.;

MEHER, SHIVAKRISHNA, P.; ASHOK REDDY, K.; MANOHAR RAO, D. Effect of PEG-6000 imposed drought stress on RNA content, relative water content (RWC), and chlorophyll content in peanut leaves and roots. **Saudi Journal**

of **Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 253–258, 2018.

MOURA, A. R.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; DA SILVA, J. A. A.; DE LIMA, T. V. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. Sob diferentes regimes hídricos. **Ciencia Florestal**, v. 26, n. 2, p. 345–354, 2016.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B.; WALKER, A. M. Comportamento vegetativo e qualidade tecnológica de cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico em condições semiáridas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 525-541, 2015.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, F. T.; Photosynthetic limitations in leaves of arabic coffee promoted by the water deficit. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 389–399, 2017.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; CAVALCANTE, M.; PAIXÃO, S. L.; MARACAJÁ, P. B. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n. 1, p.64-71, 2009.

PEZZOPANE, C. D. G.; RIBEIRO, F. A. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 871–876, 2015.

SANTOS, J. C. C. dos; SILVA, C. H. da; SANTOS, C. S. dos; SILVA, C. de S.; MELO, E. B.; BARROS, A. C. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, p. 151-156, 2014.

SÁVIO, L. F.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 103-110, 2011.

SILVA, V. 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.

SOBRINHO, S. P.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v.7, n.12, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª Ed. Porto Alegre: Artmed, Ed. 04, c. 25, p. 613-641, 2009.

TARDIEU, F. O.; GRANIER, C.; MULLER, B. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? **Current Opinion in. Plant Biology**, v.14, n., 03, p. 283–289, 2011.

ZHANG W, YU X, LI M, LANG D, ZHANG X, XIE Z. Silicon promotes growth and root yield of *Glycyrrhiza uralensis* under salt and drought stresses through enhancing osmotic adjustment and regulating antioxidant metabolism. **Crop Protection**, v. 107, n. January, p. 1–11, 2018.