

ALYSSON MENEZES SOBREIRA

TOLERÂNCIA DE ACESSOS DO GÊNERO *Manihot* AO DÉFICIT HÍDRICO

SERRA TALHADA – PE

2018

**S
O
B
R
E
I
R
A

A
M

T
O
L
E
R
Â
N
C
I
A

D
E

A
C
C
E
S
S
O
S

.
.
.

2
0
1
8**

ALYSSON MENEZES SOBREIRA

TOLERÂNCIA DE ACESSOS DO GÊNERO *Manihot* AO DÉFICIT HÍDRICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Lindomar Maria da Silveira

Co-orientadora: Dr.^a Rafaela Priscila Antônio (EMBRAPA Semiárido)

SERRA TALHADA – PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

S677t Sobreira, Alysson Menezes
Tolerância de acessos do gênero Manihot ao déficit hídrico / Alysson
Menezes Sobreira. - Serra Talhada, 2018.
103f. : il.

Orientador (a): Lindomar Maria da Silva
Coorientador (a): Rafaela Priscila Antônio

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra
Talhada, PE, 2018.

Inclui referências.

1. Espécies silvestres. 2. Estresse hídrico. 3. Plantas forrageiras. I.
Silva, Lindomar Maria da, orient. II. Antônio, Rafaela Priscila, coorient.
III. Título.

CDD 631

ALYSSON MENEZES SOBREIRA

TOLERÂNCIA DE ACESSOS DO GÊNERO *Manihot* AO DÉFICIT HÍDRICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

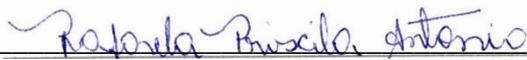
Aprovado em: 22/02/2018.

Banca Examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Lindomar Maria da Silveira – UFERSA/UAST/UFRPE

Orientadora



Dr^ª Rafaela Priscila Antônio - EMBRAPA

Co-orientador, Examinador Externo



Dr. Welson Lima Simões - EMBRAPA

Examinador Externo

Aos meus pais, **Juvenal** e **Maria do Socorro**, pelo amor e apoio incondicional em minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por tudo que já me foi dado e, sabiamente retirado;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), por meio do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo;

À professora e orientadora, Dr. ^a Lindomar Maria da Silveira, pela confiança, orientação e paciência durante as atividades desenvolvidas durante a pesquisa;

Aos pesquisadores da Embrapa Semiárido, Dr. ^a Rafaela Priscila Antônio e, principalmente, ao Dr. Welson Lima Simões, pela amizade, orientação, ensinamentos, ajuda e confiança durante a condução dos experimentos;

À Embrapa Semiárido, pelo apoio para a realização e condução do experimento;

Aos funcionários da Embrapa Semiárido, pelo auxílio nos laboratórios e ao decorrer da pesquisa em campo;

Aos professores do PPGPV, em especial, ao Prof. Dr. Vicente Imbroise Teixeira, Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva e ao Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima, pela amizade e ensinamentos durante a realização do curso de Mestrado;

Aos meus pais, Juvenal e Maria do Socorro e à toda a minha família, em especial, a minha tia e madrinha Ana Maria Lúcia, por toda a confiança, dedicação e apoio para a construção da base do meu caráter. Sem eles, não teria alcançado mais esta vitória;

À minha esposa Raiane Rangel, por todo o amor, dedicação, atenção e paciência nas horas mais difíceis durante o curso de Mestrado;

Aos meus colegas da turma de Mestrado, pelo convívio durante o decorrer do curso;

Aos amigos da Embrapa Semiárido, Jeferson e Jamerson Rodrigues, Miguel Julio, Victor Hugo, Emanuel Jurema, Keyla Costa, Vinícius Gonçalves, Fabiana Torres, Wesley Oliveira, Fernanda Araújo, Francisco Lopes, José Leandro, Irlane Lira, Edivan Amaro e Maria Helena, pela ajuda e apoio indispensável durante a condução dessa pesquisa;

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste estudo.

Muito obrigado!

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO GERAL

Espécies do gênero *Manihot* são consideradas uma opção para o Semiárido por possuir alto potencial forrageiro capazes de possibilitar a oferta de alimento em condições climáticas de seca, no entanto, pesquisas envolvendo essas plantas sob diferentes condições de regimes ou limitações hídricas ainda são bastante escassas na literatura. Diante disso, objetivo do trabalho foi avaliar as características morfológicas e fisiológicas de acessos do gênero *Manihot* submetidos à diferentes disposições de regimes hídricos, em dois ciclos de cultivo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas três condições de regimes hídricos (simulação da chuva, com base na normal climatológica para a região [322,29 mm; 46,22 mm]; reposição de 100% da evapotranspiração da cultura [755,64 mm; 593,56mm]; e reposição de 20% da evapotranspiração da cultura [151,13 mm; 118,71 mm]) e nas subparcelas, oito acessos de espécies do gênero *Manihot* (gema de ovo e engana ladrão da espécie *M. esculenta* e BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; e BGMS48 acessos de *Manihot* sp.). Para o primeiro (120 dias) e o segundo ciclo (60 dias) após a aplicação dos tratamentos às plantas, os descritores morfológicos avaliados foram altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento e largura do lóbulo foliar e massa fresca e massa seca total das folhas. Para a avaliação fisiológica foram mensurados em folhas fisiologicamente maduras, os descritores: fotossíntese, condutância estomática, transpiração foliar e temperatura média foliar além dos teores de clorofila. Para cada ciclo de cultivo utilizou-se a análise de variância/deviance em um modelo de parcela subdividida, considerando os efeitos do regime de disposição hídrica como fixo e os acessos como aleatórios. Foram estimadas as médias genotípicas de cada acesso para cada regime hídrico em cada ciclo de cultivo. Foram estimadas também componentes de variância pelo método REML e a herdabilidade e acurácia. As maiores médias genotípicas morfológicas e fisiológicas foram obtidas pelos acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 para grande parte das variáveis analisadas, independentemente do ciclo de cultivo. Para a caracterização morfológica, as estimativas das variâncias genéticas foram maiores para grande parte das variáveis envolvendo o primeiro ciclo de cultivo; verificou-se valores baixos ou médios referente às estimativas para os coeficientes de herdabilidade (segundo ciclo) e de médio a alto (primeiro ciclo). Para as variáveis relacionadas a fisiologia, as estimativas de variância genética mostraram

baixa variabilidade genotípica para os acessos avaliados. Verificou-se que os efeitos ambientais se sobressaíram em relação aos efeitos genéticos para a maioria das características fisiológicas estudadas. Os resultados mostraram valores baixos ou médios para os coeficientes de herdabilidade genotípica total, independentemente do ciclo de cultivo, exceto para as variáveis clorofila *a* e *b*.

Palavras-chave: espécies silvestres, estresse hídrico, plantas forrageiras.

ABSTRACT

Specimens of the genus *Manihot* are considered an option for Semiarid because they have high forage potential capable of supplying food in dry climatic conditions, however, research involving these plants under different conditions of water regimes or limitations is still very scarce in the literature. Therefore, the objective of this work was to evaluate the morphological and physiological characteristics of *Manihot* genus accesses submitted to different water regimes in two crop cycles. The experimental design was a randomized complete block design with split plots, the plots being three conditions of water regimes (rain simulation, based on climatological normal for the region [322.29 mm, 46.22 mm], replacement of 100 % of the crop evapotranspiration [755.64 mm, 593.56mm], and 20% of crop evapotranspiration [151.13 mm, 118.71 mm]) and in the subplots, eight accessions of species of the genus *Manihot* of egg and tricks thief of the species *M. esculenta* and BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; and BGMS48 accesses of *Manihot* sp.). For the first (120 days) and the second cycle (60 days) after application of the treatments to the plants, the morphological descriptors evaluated were plant height, stem diameter, leaf number, leaf lobe length and width and fresh mass and total dry mass of leaves. For the physiological evaluation were measured in physiologically mature leaves, the descriptors: photosynthesis, stomatal conductance, leaf transpiration and mean leaf temperature in addition to chlorophyll content. For each crop cycle, the variance / deviance analysis was used in a subdivided plot model, considering the effects of the water disposal regime as fixed and the hits as random. The genotypic means of each access for each water regime in each crop cycle were estimated. We also estimated components of variance by the REML method and the heritability and accuracy. The highest morphological and physiological genotypic averages were obtained by accesses BGMS115, BGMS102, BGMS79 and BGMS24 for most of the analyzed variables, independently of the cultivation cycle. For the morphological characterization, the estimates of the genetic variances were higher for a large part of the variables involving the first crop cycle; (low cycle) and medium to high (first cycle) coefficients were estimated for the heritability coefficients (second cycle). For the variables related to physiology, estimates of genetic variance showed low genotype variability for the accesses evaluated. It was verified that the environmental effects stood out in relation to the genetic effects for the majority of the studied physiological characteristics. The results

showed low or average values for the coefficients of total genotypic heritability, independently of the cultivation cycle, except for the chlorophyll *a* and *b* variables.

Key words: wild species, water stress, forage plants.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental.....	42
Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental.	42
Tabela 3. Precipitações médias proveniente dos dados da normal climatológica do campo experimental em estudo, ocorridas no período de 1984 a 2014 ⁽¹⁾	44
Tabela 4. Estimativas da análise de variância/deviance para as variáveis de crescimento ⁽¹⁾ e desenvolvimento de acessos do gênero Manihot submetidos à diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.....	46
Tabela 5. Médias genótípicas para altura de plantas (cm) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	48
Tabela 6. Médias genótípicas para diâmetro do caule (mm) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	50
Tabela 7. Médias genótípicas para número de folhas de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	52
Tabela 8. Médias genótípicas para comprimento do limbo foliar (cm) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	54
Tabela 9. Médias genótípicas para largura do limbo foliar (cm) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	56
Tabela 10. Médias genótípicas para massa fresca das folhas (g) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	58
Tabela 11. Médias genótípicas para massa seca das folhas (g) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	60
Tabela 12. Estimativas de componentes de variância, herdabilidade, precisão e coeficientes de variância para altura de plantas (ALT, em “cm”), diâmetro do caule (DC, em “mm”), número de folhas (NF), comprimento do limbo foliar (COMP, em “cm”), largura do limbo foliar (LLF, em “cm”), massa fresca das folhas (MFF, em “g”) e massa	

seca das folhas (MSF, em “g”) em acessos do gênero Manihot submetidos diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo. 65

CAPÍTULO 2

Tabela 13. Precipitações médias proveniente dos dados da normal climatológica do campo experimental em estudo, ocorridas no período de 1984 a 2014 ⁽¹⁾	80
Tabela 14. Estimativas da análise de variância/deviance para as variáveis fisiológicas ⁽¹⁾ em acessos do gênero Manihot submetidos à diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.	82
Tabela 15. Médias genotípicas para fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	84
Tabela 16. Médias genotípicas para condutância estomática ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	86
Tabela 17. Médias genotípicas para transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.....	88
Tabela 18. Médias genotípicas para temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	90
Tabela 19. Médias genotípicas para clorofila a ($\mu\text{mol m}^{-2}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	92
Tabela 20. Médias genotípicas para clorofila b ($\mu\text{mol m}^{-2}$) de acessos do gênero Manihot submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.	93
Tabela 21. Estimativas de componentes de variância, herdabilidade, precisão e coeficientes de variância para fotossíntese (A, em “ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), condutância estomática (g_s , em “ $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), transpiração (Tr, em “ $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), temperatura foliar (Tf, em “ $^{\circ}\text{C}$ ”), clorofila a (Chl a, em “ $\mu\text{mol m}^{-2}$ ”) e clorofila b (Chl b, em “ $\mu\text{mol m}^{-2}$ ”) m acessos do gênero Manihot submetidos diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.	97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Considerações gerais sobre o gênero <i>Manihot</i>	18
2.2. Estresse hídrico e seus efeitos nas plantas.....	21
2.3. Tolerância das plantas frente ao déficit hídrico.....	23
2.4. Diversidade genética do gênero <i>Manihot</i>	25
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO I - EFEITO DE REGIMES HÍDRICOS NO DESENVOLVIMENTO DE ACESSOS DO GÊNERO <i>Manihot</i>	38
RESUMO	38
ABSTRACT.....	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
CAPÍTULO 2 – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DE ACESSOS DO GÊNERO <i>Manihot</i> SUBMETIDOS À DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS	74
RESUMO	74
ABSTRACT.....	75
1. INTRODUÇÃO	76
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

1. INTRODUÇÃO GERAL

A água é importante para a sobrevivência de qualquer organismo vivo, sendo elemento fundamental para a realização e manutenção de vários processos fisiológicos e metabólicos em plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesse sentido, o déficit hídrico em decorrência aos grandes períodos de estiagem nas áreas agrícolas tem sido considerado como um dos fatores que mais limitam a produção de forragem e alimento em todo o mundo, causando impactos negativos no crescimento e desenvolvimento das plantas. De acordo com Kögler e Söffker (2017), as perdas agrícolas causadas pela seca não são registradas sistematicamente, mas estudos relacionados relatam perdas de rendimento de até 40% ou maiores. Nesse contexto, as plantas desenvolvem vários mecanismos de adaptações às limitações hídricas afim de garantir a sua sobrevivência, cuja resposta dependerá, segundo Zargar et al. (2017), da duração da exposição ao estresse, seu estágio de desenvolvimento, potencial genético e ambiente circundante.

Geralmente, a adaptação das plantas à seca pode ser atribuída a três categorias: fuga da seca, onde a planta tem o seu ciclo de vida completo antes do início severo advindo do estresse hídrico; evasão e a flexibilidade fenotípica, quando a planta mantém o seu estado hídrico normal mesmo em condições de seca e; a tolerância à seca, que se refere à capacidade que as plantas têm de manter o seu crescimento normal e suas atividades metabólicas mesmo sob estresse (NGUMBI; KLOEPPER, 2016). Nesse sentido, espécies do gênero *Manihot* caracterizam-se pela ampla rusticidade em seus cultivos, apresentando destaque quanto à eficiência de absorção de nutrientes por suas raízes, alta eficiência do controle estomático afim de evitar a desidratação e murchamento das folhas (GABRIEL et al., 2014), além de apresentar mecanismos que possibilitem a economia de água e nutrientes pelo acúmulo de compostos orgânicos visando a manutenção de funções metabólicas básicas essenciais à sobrevivência das plantas (ARAÚJO FILHO et al., 2013).

O gênero *Manihot* conta com uma grande quantidade de espécies, sendo distribuídas em várias regiões do país (ORLANDINI; LIMA, 2014). Diversas espécies do gênero têm destaque na área agrícola, apresentando utilização na produção de alimentos básicos responsáveis pela segurança alimentar em países em desenvolvimento, alimentação animal de baixo custo, produção de biocombustíveis, fins medicinais, dentre outros (ZHENG et al., 2016; MORGAN; CHOCT, 2016; SEBAYANG et al., 2017; ASSANVO et al., 2017).

Por apresentar boas características quanto aos teores de proteínas, vitaminas e taxas de carboidratos-não fibrosos em comparação à algumas gramíneas tropicais, as espécies silvestres do gênero *Manihot*, conhecidas vulgarmente como maniçobas, tem mostrado grande potencial para a produção de forragem (MODESTO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2006; DANTAS et al., 2008). Além disso, a maioria das plantas que compõem o gênero são tolerantes à seca e apresenta facilidade de cultivo em solos pobres, tendo, no entanto, a presença de substâncias tóxicas em sua composição capazes de serem prejudiciais aos animais (SOARES, 2001; ALVES, 2006). Porém, os níveis de toxicidade presentes em suas partes vegetativas são reduzidos rapidamente quando sofrem triturações mecânicas e posteriormente, desidratam naturalmente (MATOS et al., 2005).

Apesar de tolerar o déficit hídrico, algumas espécies que compõem o gênero apresentam diferenças significativas quanto à capacidade de resposta frente as limitações hídricas em seus cultivos (EL-SHARKAWY, 2007; OLIVEIRA et al., 2015) ou, dentro de uma mesma espécie, podem apresentar alta diversidade genética diante de estresses como a seca (WANG et al., 2017), sendo de fundamental importância a sua identificação para que se consiga produzir em ambientes cada vez mais estressantes e que apresentem recursos de água limitados para irrigação. Diante disso, o objetivo geral do trabalho foi avaliar o desempenho morfológico, fisiológico e selecionar acessos do gênero *Manihot* submetidos às diferentes disposições de regimes hídricos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Considerações gerais sobre o gênero *Manihot*

Composto por aproximadamente 98 espécies, o gênero *Manihot* (Euphorbiaceae) é considerado neotropical, apresentando destaque pela complexidade taxonômica devido às grandes variações morfológicas dos órgãos da planta (folhas e flores) (DUPUTIÉ, et al., 2011; NEVES et al., 2014). Dispõem de grande número de espécies distribuídas pelo Brasil, sendo encontradas cerca de 76 espécies e 66 delas endêmicas, onde a maioria apresenta-se restrita a ambientes secos com concentração em especial para os ecossistemas cerrado e caatinga, tendo também algumas espécies presentes na região amazônica (NASSAR, 2000; DUPUTIÉ, et al., 2011; OLIVEIRA, 2011; CORDEIRO et al., 2016). A região central do Brasil é considerada como o maior centro de diversidade do gênero devido a amplitude e abrangência de espécies nativas, seguidas por outras

regiões de destaque como o Sudeste do México, Nordeste do Brasil, Sul do Mato Grosso do Sul e Bolívia (NASSAR et al., 2008).

Possuem hábitos de crescimento variados e geralmente, são identificadas morfológicamente pelas suas folhas de aspecto membranoso ou coriáceo, de forma lanceoladas, ovada, obovada e reniforme, apresentando tonalidades desde verde ao purpúreo (SOARES, 1995; SOARES; SILVIANO, 2000). Suas folhas são decíduas e sua permanência na planta depende das condições ambientais em que se encontram e das variedades existentes, apresentando lâminas que se dividem entre 3 a 11 lobos (SOARES; SILVIANO, 2000). Quanto a inflorescência, são do tipo panícula ou racemo e terminais, sendo suas flores pistiladas ou estaminadas com perianto composto por um único verticilo de peças unidas ou livres e com polinização cruzada; apresentam frutos em formato de cápsulas, com deiscência septicida e loculicida, possuindo sementes com um grande endosperma e embrião com cotilédones finos e planos, de superfície lisa e coberta por manchas escuras (CARVALHO; FUKUDA, 2006; NASSAR et al., 2008; ORLANDINI; LIMA, 2014).

São consideradas como plantas perenes e costumam se desenvolver em ambientes abertos, encontradas com arquiteturas arbóreas e/ou herbáceas, apresentando ainda ampla adaptabilidade às diversas condições climáticas, conseguindo se desenvolver em solos ácidos ou de pouca fertilidade, diferentes regimes pluviométricos e possuírem tolerância à seca devido ao seu sistema radicular bastante desenvolvido que permite a acumulação de reservas, além de dispor de resistência a pragas e doenças (SOARES; SILVIANO, 2000; LENIS et al., 2005; ALVES, 2006; NASSAR, 2007; GABRIEL et al, 2014).

Geralmente, as formas de cultivo da maioria das espécies que compõem o gênero são feitas pela utilização de sementes, estacas ou manivas, entretanto, suas sementes apresentam alta dormência e, com isso, acabam implicando negativamente no plantio das espécies (NASSAR, 1989; FIGUEIREDO, 1989). Propagação de plantas deste gênero por sementes são levadas em consideração apenas para as condições naturais em que se encontram no ambiente ou para programas de melhoramento genético, tendo em vista que este tipo de propagação eleva o tempo para o estabelecimento de plantas no campo, além de não possuírem o mesmo vigor que as plantas advindas de estacas (ALVES, 2006). Para Tavares et al. (2012), a estaquia é uma forma de propagação vegetativa que consiste no desenvolvimento de uma nova planta formando gemas apicais e raízes adventícias, proporcionando a produção de clones. Além disso, com o uso dessa técnica, é possível aumentar a produção de mudas em um período relativamente curto e viabilizar a seleção

de materiais mais eficientes quando comparado à reprodução sexuada (FERREIRA et al., 2010).

Algumas espécies do gênero *Manihot* têm sido utilizadas potencialmente como recursos forrageiros nativos da caatinga, possibilitando a sustentabilidade dos sistemas de produção animal nesses ambientes de clima quente, além de serem consideradas com amplo valor nutricional e apresentarem alta palatabilidade (FRANÇA et al., 2010; LIMA JÚNIOR et al., 2015; ALENCAR et al., 2015; MORGAN; CHOCT, 2016). De acordo com Medina et al. (2009), a qualidade dessas forrageiras do gênero *Manihot* evidencia-se pelo elevado teor de proteína e maior teor de carboidratos não-fibrosos em relação às gramíneas tropicais. Apesar disso, muitas espécies do gênero são conhecidas por apresentar na composição de suas folhas e ramos diferentes níveis de glicosídeos cianogênicos que hidrolisam e liberam o ácido cianídrico (HCN), substância tóxica que pode ocasionar a morte de animais dependendo da quantidade e a forma que é consumida (SOARES, 2001; AMORIM et al., 2006). Ramos e folhas frescas são tóxicas, entretanto, quando secas ou sob forma de feno, apresentam teores adequados para a utilização na alimentação de animais (AMORIM et al., 2006; DANTAS et al., 2008).

Como espécies cianogênicas mais conhecidas do gênero se destacam a *M. esculenta* Cranz (macaxeira, mandioca ou aipim) e várias espécies silvestres como a *M. pseudoglaziovii* (folhas pentoladas) e *M. glaziovii* (folhas trilobadas) (maniçoba), que se diferenciam pela anatomia foliar, comprimento da inflorescência e lobo mediano, além do híbrido natural conhecido comumente como Pornunça, Pornuncia, maniçoba-de-jardim, dentre outras denominações, muito utilizado como plantas ornamentais e na confecção de farinha (ROGERS; APPAN, 1973; FERREIRA et al., 2009).

Apesar do alto potencial de utilização na alimentação humana (CARVALHO et al., 2018) e animal (ALENCAR et al., 2015), estudos envolvendo espécies do gênero *Manihot* na área de fitotecnologia mostram a presença de outras substâncias além dos glicosídeos cianogênicos como, por exemplo, flavonoides e diterpenoides (PAN et al., 2015). Nesse sentido, algumas plantas do gênero têm sido utilizadas para vários fins medicinais durante muito tempo - principalmente em países asiáticos -, apresentando substâncias com efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, neuroprotetores e antitumorais (PAN et al., 2017). Do mesmo modo, trabalhos envolvendo espécies silvestres como a *M. glaziovii* também tem mostrado grande potencial para seu uso como matéria-prima na produção de biocombustíveis renováveis, principalmente bioetanol e biogás (MOSHI et al., 2014; SEBAYANG et al., 2017).

2.2. Estresse hídrico e seus efeitos nas plantas

Vários fatores bióticos e abióticos podem ser utilizados para a caracterização do estresse em plantas (ELVANIDI et al., 2017). Assim, estresse pode ser definido como qualquer agente externo que possa prejudicar negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, capazes de limitar suas chances de sobrevivência (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Estresses causados pelo déficit hídrico tem sido investigado por estudos para vários tipos de culturas, evidenciando a água como principal fator capaz de limitar o rendimento das plantas (BOYER et al., 2013; IHUOMA; MADRAMOOTOO, 2017). De acordo com Pourghayoumi et al. (2017), as plantas experimentam estresse por seca, seja quando o abastecimento de água às raízes se torna difícil ou quando a taxa de transpiração se torna maior do que a taxa de captação de água. Nesse sentido, o setor agrícola é extremamente dependente do uso da água para a irrigação – principalmente nas regiões áridas e semiáridas – entretanto, mudanças climáticas, uso não sustentável de águas subterrâneas e o aumento da concorrência das necessidades municipais, ambientais e industriais podem fortemente reduzir os recursos hídricos disponíveis para este fim (HAN et al., 2016).

Os efeitos do déficit hídrico às plantas podem acarretar em vários danos fisiológicos, metabólicos e bioquímicos, prejudicando o seu desempenho e, conseqüentemente, sua capacidade produtiva, tendo em vista que a diminuição do potencial osmótico reduz o turgor celular e provoca a diminuição da expansão de suas folhas, além de também afetar a taxa de crescimento geral (LI et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; CHEN et al., 2018). Apesar disso, fatores como a ausência de espécies adaptadas às diferentes condições de cultivo e ambiente, práticas culturais inadequadas e a utilização de material vegetal para o plantio de qualidade duvidosa, também acabam contribuindo negativamente para o estabelecimento das culturas no campo e conseqüente redução nos aspectos produtivos (LOPES, 2006).

Plantas submetidas a seca podem sofrer adaptações e permitirem a sua tolerância ou sobrevivência em períodos prolongados de déficit hídrico (HA et al, 2014). Modificações quanto a expansão radicular, diminuição em número e área foliar, produção de cera sobre a superfície da folha, ajustamento osmótico pelo acúmulo de solutos compatíveis como açúcares e aminoácidos e a limitação da taxa fotossintética são apenas alguns dos vários mecanismos desenvolvidos pelos vegetais como estratégias adaptativas

aos efeitos advindos do estresse hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2013; BENLLOCH-GONZÁLES et al., 2015; ZAHOOR et al., 2017). Além desses fatores, algumas espécies do gênero *Manihot* possuem um eficiente mecanismo de controle estomático em suas folhas e isso permite que as plantas consigam tolerar a maiores períodos de seca (EL-SHARKAWY et al., 1989; EL-SHARKAWY, 2006). Quando submetida ao déficit hídrico, as folhas fecham rapidamente seus estômatos, reduzindo o processo de transpiração e condutância estomática; este procedimento consegue garantir a manutenção do potencial hídrico foliar por mais tempo e ser capaz de atenuar no murchamento e desidratação (ALVES, 2006; EL-SHARKAWY, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). Entretanto, este mecanismo pode prejudicar o crescimento da planta e interferir em seu processo fotossintético devido a limitação nas taxas de difusão de CO₂ para o interior das folhas (ALVES, 2006).

O comportamento dos estômatos em plantas cultivadas sob condições de deficiência hídrica é influenciado diretamente por sinais químicos emitidos pelas raízes. Essa comunicação entre as raízes e a parte aérea da planta é realizada pelo ácido abscísico (ABA), advindo de mudanças em seu pH e por apresentarem redistribuição iônica (DAVIES; ZHANG, 1991; TAIZ; ZEIGER, 2013). O aumento do ABA sob condições de estresse hídrico é caracterizado como produto de alterações genéticas e respostas fisiológicas adaptativas (KIM et al., 2010). Segundo Chen et al. (2018), o ABA induzido pela seca pode desencadear a geração de H₂O₂ e NO para ativar a expressão gênica das enzimas antioxidantes e melhorar a capacidade antioxidativa, além de promover a biossíntese de proteínas de desidrina para reduzir a pressão osmótica.

Apesar de ser tolerante à seca, estresses hídricos nas fases iniciais de cultivo de espécies desse gênero podem proporcionar reduções significativas na produção de raízes de até 62% (FUKUDA; IGLESIAS, 1995). Estudando os efeitos da seca na produção de tubérculos e raízes, Daryanto et al. (2016) relata várias modificações nas raízes de mandioca em detrimento das limitações hídricas, sugerindo que esta planta pode resistir à seca em termos de sobrevivência e não em termos da sua capacidade de manter um elevado rendimento produtivo de raízes. Além de afetar negativamente a produção e o tempo de colheita de várias cultivares, o estresse hídrico também influencia a qualidade e a quantidade do amido produzido pela planta (SANTISOPASRI et al., 2001), como também aumenta a senescência das folhas e interfere no crescimento dos ramos (ALVES, 2006), o que conseqüentemente pode comprometer a produção e a oferta de forragem a ser utilizada para a alimentação animal. Entretanto, a capacidade de resposta de plantas

do gênero ao déficit hídrico dependerá, dentre outros fatores, do genótipo e da severidade do estresse (ALVES, 2006).

2.3. Tolerância das plantas frente ao déficit hídrico

Segundo Basu et al. (2016), a grande diversidade de espécies de plantas cultivadas em regiões climáticas que incluem condições extremas sugere que, na natureza, as plantas evoluíram para suportar o estresse da seca com uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Espécie, genótipo, duração e gravidade da perda de água, fase fenológica e estágio de desenvolvimento, além de outros relacionados à níveis celulares também estão relacionados a capacidade e a sobrevivência desses vegetais em ambientes com recursos hídricos limitados (BRAY, 1997).

Basicamente, as principais estratégias utilizadas pela planta afim de garantirem sua sobrevivência às condições de estresse hídrico são escape, evasão e tolerância (LEONARDIS et al., 2012). O escape ou fuga está relacionado ao menor tempo em que as plantas levam para completarem o seu ciclo de desenvolvimento durante o período favorável de umidade, ou seja, antes que as condições hídricas se tornem severas (KOOYERS, 2015; SHAVRUKOV et al., 2017). A evasão é considerada uma das principais estratégias de tolerância à seca das plantas, sendo caracterizada por possuir vários mecanismos que diminuem a perda hídrica, destacando-se o aumento da eficiência de uso da água pela redução da transpiração, limitação do crescimento vegetativo ou maximização do sistema radicular, além de promover a formação de cera nas superfícies das folhas (ZHOU et al., 2014; KOOYERS, 2015). Quanto a tolerância, seus principais mecanismos estão relacionados ao ajustamento osmótico pela acumulação de solutos, aumento da elasticidade e diminuição no tamanho celular e à tolerância protoplasmática (KUMAR et al., 2012).

Em condições estressantes por falta de água, alguns organismos vegetais podem aumentar rapidamente a produção de solutos compatíveis como prolina, glicina e bataína, dentre outros e, conseqüentemente, favorecer maior tolerância às plantas inseridas nesses ambientes através da manutenção do potencial hídrico foliar durante o estresse; redução de radicais livres através da eliminação e o aumento significativo do potencial redox celular, ou seja, maior proteção das plantas contra o estresse oxidativo e; estabilização de estruturas subcelulares, como membranas e proteínas (ETESAMI, 2018). Para Wani et al. (2013), solutos compatíveis ou osmoprotetores são pequenas moléculas neutras que

não são tóxicas para a célula na concentração molar e que estabilizam proteínas e membranas contra o efeito desnaturante das condições de estresse nas funções celulares. São considerados de grande importância quanto à prevenção da desintegração das membranas celulares e da inativação enzimática em ambientes com déficit hídrico (RAMPINO et al., 2006).

A associação e utilização de microrganismos também podem proporcionar o aumento da capacidade de tolerâncias às plantas em função do ambiente estressante em que se encontram, principalmente em condições onde há limitação de água (KUMAR; VERMA, 2018). Ainda, de acordo com os mesmos autores, estes microrganismos desenvolveram mecanismos de tolerância aos baixos níveis de umidade, conferindo a capacidade de sobrevivência e cujo efeito associado às plantas e ao solo se traduz no aumento do fornecimento de nutrientes e na maximização das condições ambientais favoráveis para o crescimento contínuo. Nesse sentido, segundo Vurukonda et al. (2016), a possível explicação para o mecanismo de tolerância à seca das plantas induzida por rizobactérias inclui: (1) produção de fitohormônios como ácido abscísico (ABA), ácido giberélico, citoquininas e ácido indol-3-acético (IAA); (2) ACC deaminase para reduzir o nível de etileno nas raízes; (3) tolerância sistêmica induzida por compostos bacterianos; (4) exopolissacarídeos bacterianos.

O ácido abscísico (ABA) é considerado como o fitormônio mais crítico e central responsável pela regulação da tolerância da planta aos ambientes, principalmente com déficit hídrico por seca (DAR et al., 2017). De acordo com Kumar e Verma (2018), o ABA melhora o estresse ocorrido pela limitação hídrica através da regulação da transcrição de genes relacionados à seca e da condutividade hidráulica da raiz. Além disso, o aumento desse fitormônio nas plantas sob condições de limitação hídrica estimula o fechamento estomático pela alteração do transporte de íons em suas células de proteção; induz o crescimento radicular pelo aumento da divisão, alongamento e diferenciação celular; é responsável pela abscisão das folhas das plantas e; atua na dormência e no desenvolvimento de sementes (BASU; RABARA, 2017; WANI et al., 2016). Daryanto et al. (2016) relata que, em plantas de mandioca, a sintetização e o acúmulo desse fitormônio durante a fase inicial do déficit hídrico resulta basicamente em redução da área foliar através da formação limitada de folhas novas, desenvolvimento de folhas pequenas e aumento da senescência foliar.

Além do ABA, as citoquininas também são vitais para o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, desempenhando importantes funções na morfogênese,

manutenção do crescimento e respostas ambientais (XU; HUANG, 2017). Participa de vários processos fisiológico das plantas principalmente relacionados à senescência foliar e a mobilização de nutrientes, possuindo ainda, uma rede complexa de sinalização que, além do ABA, tem interação com outros fitormônios vegetais (LI et al., 2015; VOJTA et al., 2016). Sua capacidade de auxiliar a planta a tolerar ambientes estressantes por falta de água pode ser atribuída a duas situações distintas, destacando-se o aumento de sua concentração que irá promover maior aclimatação afim de reduzir as perdas de rendimento e redução de seu conteúdo nas raízes promovendo modificações em todo o sistema radicular das plantas (POSPÍŠILOVÁ et al., 2016). Apesar de vários trabalhos retratarem sua importância para a tolerância à seca, as citoquininas parecem ainda não ter um papel especificamente claro quanto às adaptações das plantas, sendo necessários maiores estudos (SARWAT; TUTEJA, 2017).

2.4. Diversidade genética do gênero *Manihot*

Em geral, a grande diversidade genética de espécies do gênero *Manihot* pode ser atribuída à seleção natural durante sua evolução (FUKUDA; SILVA, 2002), o que conseqüentemente garante efeitos positivos no desenvolvimento de novas variedades visando diferentes formas e sistemas de cultivo (NICK et al., 2010). Ainda, de acordo com estes últimos autores, a grande diversidade também pode ser atribuída ao fato de algumas espécies do gênero apresentarem-se como plantas alógamas, heterozigotas e disporem de grande segregação.

Segundo Cabral et al. (2011), estudos de diversidade genética têm sido de grande importância em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre caracteres de identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico e maior segregação em recombinantes, aumentando a probabilidade do aparecimento de genótipos superiores nas progênes. Diante disso, grande parte dessa diversidade é mantida em bancos de germoplasmas localizados no Brasil ou em países do exterior, visando minizar a erosão genética, utilização como plantas de caráter comercial ou serem usadas em programas de melhoramento genético, envolvendo desde etnovarietades presentes em comunidades tradicionais e variedades melhoradas até espécies silvestres de um mesmo gênero (GOMES et al., 2007; VIEIRA et al., 2008; LIMA et al., 2013). Como espécie mais importante do gênero, a mandioca é a única cultivada comercialmente (ORLANDINI; LIMA, 2014). Nesse sentido, de acordo com Costa et al. (2003), os

acessos de mandioca do Brasil estão distribuídos em sete bancos ativos de germoplasma regionais, localizados na Amazônia (Oriental e Ocidental), Tabuleiros Costeiros, Semiárido, Cerrados, Subtrópico e em Campinas (São Paulo – SP); dentro desses bancos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) possui cerca de 1800 exemplares de vários ecossistemas e espécies selvagens do gênero, sendo considerado o mais importante e maior banco de germoplasma do país (NEVES et al., 2014). Entretanto, segundo Fukuda et al. (2005), a coleta e manutenção da variabilidade genética de mandioca valeria muito pouco se a mesma não fosse devidamente caracterizada e avaliada de maneira a permitir a sua plena utilização pelos melhoristas e/ou de forma mais direta pelos produtores de mandioca.

Sob o ponto de vista de cultivos de espécies do gênero *Manihot* em estresse hídrico, alguns trabalhos têm sido realizados na busca para elucidar as várias respostas dessas plantas a este tipo de condição (RIBEIRO et al., 2012), uma vez que espécies do gênero podem apresentar diferenças quanto a sua capacidade de tolerar a esse tipo de ambiente o que, conseqüentemente, garante a possibilidade de seleção genética para esse caráter (LAGO et al., 2011). Apesar disso, poucos estudos foram realizados afim de auxiliar na identificação de espécies do gênero *Manihot* que consigam tolerar a ambientes de cultivo por falta de água, tornando sua variabilidade genética nesse sentido pouco explorada (RIBEIRO et al., 2012), além de estresses dessa natureza aumentarem as chances de erosão genética em plantas cultivadas no campo (FUKUDA et al., 2005).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, F. H. H.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; CARNEIRO, M. S. S.; FEITOSA, J. V. Composição Química e Digestibilidade da Pornunça sob duas fontes de adubação orgânica e cortes. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 215-222, 2015.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas, BA: **EMBRAPA**, Cap.7, p.138-169, 2006.
- AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA. F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. *Ciência Animal*, v.16, n.1, p.17-26, 2006.
- ARAÚJO FILHO, J. T.; PAES, R. A.; AMORIM, P. L.; COMASSETTO, F. F.; SILVA, S. C. Características morfológicas e produtivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.14, p.609-623, 2013.
- ASSANVO, J. B.; AGBO, G. N.; COULIN, P.; MONSAN, V.; HEUBERGER, C.; COULIBALY, S. K.; FARAH, Z. Influence of microbiological and chemical quality of traditional starter made from cassava on “attiéké” produced from four cassava varieties. **Food Control**, v.78, p.286-296, 2017.
- AZEVEDO, E. B.; NÖRNBERG, J. L.; KESSLER, J. D.; BÜNING, G.; DAVID, D. B.; FALKENBERG, J. R.; CHIELLE, Z. G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p.1902-1908, 2006.
- BASU, S.; RABARA, R. Abscisic acid — An enigma in the abiotic stress tolerance of crop plants. **Plant Gene**, v.11, p.90–98, 2017.
- BASU, S.; RAMEGOWDA, V.; KUMAR, A.; PEREIRA, A. Plant adaptation to drought stress. **F1000Research** (F1000 Faculty Rev):1554, v.5, p.1-10, 2016.
- BENLLOCH-GONZÁLEZ, M.; QUINTERO, J. M.; GARCÍA-MATEO, M. J.; FOURNIER, J. M.; BENLLOCH, M. Effect of water stress and subsequent re-watering on K⁺ and water flows in sunflower roots: a possible mechanism to tolerate water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.118, p.78–84, 2015.
- BOYER, J. S.; BYRNE, P.; CASSMAN, K. G.; COOPER, M.; DELMER, D.; GREENE, T.; GRUIS, F.; HABBEN, J.; HAUSMANN, N.; KENNY, N.; LAFITTE, R.; PASZKIEWICZ, S.; PORTER, D.; SCHLEGEL, A.; SCHUSSLER J.; SETTER, T.;

SHANAHAN J.; SHARP, R. E.; VYN T. J.; WARNER D.; GAFFNEY J. The U.S. drought of 2012 in perspective: a call to action. **Global Food Security**, v.2, p.139–143, 2013.

BRAY, E. A. Plant responses to water déficit. **Trends Plant Science**, v.2, p.48–54, 1997.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; ALVES, D. S.; NUNES, J. A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 898-905, 2011.

CARVALHO, J. C.; BORGHETTI, I. A.; CARTAS, L. C.; WOICIECHOWSKI, A. L.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. Biorefinery integration of microalgae production into cassava processing industry: Potential and perspectives. **Bioresource Technology**, v.247, p.1165–1172, 2018.

CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, cap. 6, p. 126-137. 2006.

CHEN, Z.; WANG, Z.; YANG, Y.; LI, M.; XU, B. Abscisic acid and brassinolide combined application synergistically enhances drought tolerance and photosynthesis of tall fescue under water stress. **Scientia Horticulturae**, v.228, p.1–9, 2018.

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; SILVA, M. J.; SODRÉ, R. C.; MARTINS, M. L. L. *Manihot* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17591>>. Acesso em: 10 Set. 2016.

COSTA, M. R.; CARDOSO, E. R.; OHAZE, M. M. M. Similaridade genética de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) por meio de marcadores RAPD. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p.158-164, 2003.

DANTAS, F. R.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; GONZAGA NETO, S.; TOSTO, M. L. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba (*Manihot* sp.) com percentuais de coproduto de vitivinícolas desidratado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.247-257, 2008.

DAR, N. A.; AMIN, I.; WANI, W.; WANI, S. A.; SHIKARI, A. B.; WANI, S. H.; MASOODI, K. Z. Abscisic acid: A key regulator of abiotic stress tolerance in plants. **Plant Gene**, v.11, p.106–111, 2017.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. A. Drought effects on root and tuber production: A meta-analysis. **Agricultural Water Management**, v.176, p.122–131, 2016.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in rying soil. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, Palo Alto, p.55-76, 1991.

DUPUTIÉ, A.; SALICK, J.; MCKEY, D. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. **Journal of Biogeography**, v.38, p.1033-1043, 2011.

EL-SHARKAWY, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. *Photosynthetica*, v.44, p.481-512, 2006.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p. 257-286. 2007.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H. PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, p.143-154, 1989.

ELVANIDI, A.; KATSOULAS, N.; FERENTINOS, K. P.; BARTZANAS, T.; KITTAS, C. Hyperspectral machine vision as a tool for water stress severity assessment in soilless tomato crop. **Biosystems Engineering**, p. 1-11, 2017.

ETESAMI, H. Can interaction between silicon and plant growth promoting rhizobacteria benefit in alleviating abiotic and biotic stresses in crop plants? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.253, p.98–112, 2018.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; FERREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A.; ARAÚJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca,

maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.129-136, 2009.

FERREIRA, L. E.; ANDRADE, L. A.; GONÇALVES, G. S.; SOUZA, E. P.; FERREIRA, H. V. Diâmetro de estacas e substratos na propagação vegetativa de maniçoba, *Manihot glaziovii* Muell. Arg. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 393-402, 2010.

FIGUEIREDO, R. W. Histórico da maniçoba no Brasil, potencialidade, multiplicação e viprodução. In: ENCONTRO NORDESTINO DE MANIÇOBA, 1. 1989, Recife. **Anais...**, Recife: IPA, 1989. p. 29-57. (Coleção Mossoroense, C).

FRANÇA, A. A.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; PIMENTEL, R. M. M.; FERREIRA, G. D. G.; MARTINS, I. D. S. L. Anatomia e cinética de degradação do feno de *Manihot glaziovii*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, p. 131-138, 2010.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semi-áridas. **R. Bras. Mandioca**, 14:17-38, 1995.

FUKUDA, W. M. G.; OLIVEIRA, R. P.; FIALHO, J. F.; CAVALCANTI, J.; CARDOSO, E. M. R.; BARRETO, F.; MARSHALEK, R.; COSTA, E. R. S. Germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crants) no Brasil. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.18, p.7-12, 2005.

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O. E. **Melhoramento de mandioca Brasil**. In: Cereda, M.P. (Org.). Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas. 1ª ed. São Paulo, Fundação Cargil, p. 242-257. 2002.

GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILLVA, M. R.; SILVA, S. D. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.90-98, 2014.

GOMES, C. N.; ASSIS, H. B.; CARVALHO, M.; CARVALHO, S. P. **Divergência genética entre clones de mandioca estimada por meio de caracteres agronômicos**. In: Resumos. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2007, Paranavaí - PR. Revista Raízes e Amidos Tropicais (CERAT - UNESP), 2007.

HA, C. V.; LEYVA-GONZÁLEZ, M. A.; OSAKABE, Y.; TRAN, U. T.; NISHIYAMA, R.; WATANABE, Y.; TANAKA, M.; SEKI, M.; YAMAGUCHI, S.; DONG, N. V.;

- YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K.; HERRERA-ESTRELLA, L.; TRAN, L. S. Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.**, v.111, p.581–856, 2014.
- HAN, M.; ZHANG, H.; DEJONGE, K. C.; COMAS, L. H.; TROUT, T. J. Estimating maize water stress by standard deviation of canopy temperature in thermal imagery. **Agricultural Water Management**, v.177, p.400–409, 2016.
- IHUOMA, S. O.; MADRAMOOTOO, C. A. Recent advances in crop water stress detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.141, p. 267-275, 2017.
- KIM, T. H.; BOHMER, M.; HU, H.; NISHIMURA, N.; SCHROEDER, J. I. Guard cell signal transduction network: advances in understanding abscisic acid, CO₂, and Ca²⁺ signaling. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v.61, p.561-591, 2010.
- KÖGLER, F.; SÖFFKER, D. Water (stress) models and deficit irrigation: System-theoretical description and causality mapping. **Ecological Modelling**, v.361, p.135–156, 2017.
- KOOYERS, N. J. The evolution of drought escape and avoidance in natural herbaceous Populations. **Plant Science**, v.234, p.155–162, 2015.
- KUMAR, A.; VERMA, J. P. Does plant—Microbe interaction confer stress tolerance in plants: A review? **Microbiological Research**, v.207, p.41–52, 2018.
- KUMAR, R.; SOLANKEY, S. S.; SINGH, M. Breeding for drought tolerance in vegetables. **Vegetable Science**, v.39, p.1-15, 2012.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A.; SOUZA, A. T.; SILVA, M. R. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1415-1423, 2011.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531 p.
- LENIS, J. I.; CALLE, F.; JARAMILLO, G.; CEBALLOS, H.; COCK, J.H. Leaf retention in cassava. **Field Crops Research**, [Amsterdam], v. 95, p. 126-134, 2005.
- LEONARDIS, A. M. D.; PETRARULO M.; VITA P. D.; MASTRANGELO A. M. Genetic and molecular aspects of plant response to drought in annual crop species. In:

Advances in Selected Plant Physiology Aspects, Giuseppe M and B Dichio (eds.). In Tech Publisher, p.45-74, 2012.

LI, Y.; LU, Q.; WU, B.; ZHU, Y.; LIU, D.; ZHANG, J.; JIN, Z. A review of leaf morphology plasticity linked to plant response and adaptation characteristics in arid ecosystems. **Chinese Journal of Plant Ecology**, v.36, p.88–98, 2012.

LI, Y.; WANG, B.; DONG, R.; HOU, B. AtUGT76C2, an *Arabidopsis* cytokinin glycosyltransferase is involved in drought stress adaptation. **Plant Science**, v.236, p.157–167, 2015.

LIMA JÚNIOR, D. M.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, B. F.; BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO, M. N.; MONTEIRO, P. B. S. Feno de maniçoba na alimentação de caprinos Moxotó. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 2211-2222, 2015.

LIMA, P. G. C.; SILVA, R. O.; COELHO-FERREIRA, M. R.; PEREIRA, J. L. G. Agrobiodiversidade e etnoconhecimento na Gleba Nova Olinda I, Pará: interações sociais e compartilhamento de germoplasma da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). **Boletim do Museu Paranse Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v.8, n.2, p.419-433, 2013.

LOPES, A. C. Efeito da irrigação e de épocas de colheita sobre a cultura da mandioca. Dissertação de Mestrado – UESB, Vitória da Conquista, 2006. 66 p.

MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; PEREIRA, O. G.; SILVA, V. M. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*Manihot epruinosa*). **Archivos de Zootecnia**, v.54, n.208, p.619 – 629, 2005.

MEDINA, F. T.; CÂNDIDO, M. J. D.; ARAÚJO, G. G. L.; BARROSO, D. D.; CRUZ, M. C. S. Silagem de maniçoba associada a fontes energéticas na alimentação de caprinos: consumo e digestibilidade de caprinos: consumo e digestibilidade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 151-154, 2009.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D. C.; FAUSTINO, J. O.; JOBIM, C. C.; DETTMAN, E.; ZAMBON, M. A.; MARQUES, J. A. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

- MORGAN, N. K.; CHOCT, M. Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. **Animal Nutrition**, v.2, p.253-261, 2016.
- MOSHI, A. P.; CRESPO, C. F.; BADSHAH, M.; HOSEA, K. M. M.; MSHANDETE, A. M.; ELISANTE, E.; MATTIASSON, B. Characterisation and evaluation of a novel feedstock, *Manihot glaziovii*, Muell. Arg, for production of bioenergy carriers: Bioethanol and biogas. **Bioresource Technology**, v.172, p. 58-67, 2014.
- NASSAR, N. M. A. Alguns aspectos sobre o melhoramento genético da maniçoba. In: ENCONTRO NORDESTINO DE MANIÇOBA, 1. 1989, Recife. **Anais...** Recife: IPA, 1989. p.9-14. (Coleção Mossoroense, C).
- NASSAR, N. M. A. Cassava genetic resources and their utilization for breeding of the crop. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 4, p.1151-1168. 2007.
- NASSAR, N. M. A. Cytogenetics and Evolution of cassava (*M. esculenta* Crantz). **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 1003-1014, 2000.
- NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p.16–28, 2008.
- NEVES, R. J.; CARVALHO, P. C. L.; ALVES, A. A. C.; LEDO, C. A. S.; MARTINS, M. L.L. Wild Species of *Manihot* Mill. (*Euphorbiaceae*) in the Embrapa Cassava and Fruit Collection, Cruz das Almas, Bahia, Brazil. **Iheringia Série Botânica**, v. 69, n. 2, p. 245-256, 2014.
- NGUMBI, E.; KLOEPPER, J. Bacterial-mediated drought tolerance: Current and future prospects. **Applied Soil Ecology**, v.105, p.109–125, 2016.
- NICK, C.; CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N.; MARIM, B. G.; ASSIS, L. H. B. Divergência genética entre subamostras de mandioca. **Bragantia**, v.69, n.2, p.289-298, 2010.
- OLIVEIRA, E. J.; AIDAR, S. T.; MORGANTE, C. V.; CHAVES, A. R. M.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A. Genetic parameters for drought-tolerance in cassava. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.233-241, 2015.

- OLIVEIRA, M. M. Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *Manihot* (Euphorbiaceae – Magnoliophyta). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. 2011. 76f.
- ORLANDINI, P.; LIMA, L. R. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v.41, p.51-60, 2014.
- PAN, X.; DU, L.; TAO, J.; JIANG, S.; QIAN, D.; DUAN, J. Dynamic changes of flavonoids in *Abelmoschus manihot* different organs at different growth periods by UPLC–MS/MS. **Journal of Chromatography B**, v.1059, p.21–26, 2017.
- PAN, Y. M.; ZOU, T.; CHEN, Y. J.; CHEN, J. Y.; DING, X.; ZHANG, Y.; HAO, X. J. HE, H. P. Two new pentacyclic triterpenoids from the stems of *Manihot esculenta*. **Phytochemistry Letters**, v.12, p.273–276, 2015.
- POSPÍŠILOVÁ, H.; JISKROVÁ, E.; VOJTA, P.; MRÍZOVÁ, K.; KOKÁŠ, F.; ČUDEJKOVÁ, M. M.; BERGOUIGNOUX, V.; PLÍHAL, O.; KLIMEŠOVÁ, J.; NOVÁK, O.; DZUROVÁ, L.; FRÉBORT, I.; GALUSZKA, P. Transgenic barley overexpressing a cytokinin dehydrogenase gene shows greater tolerance to drought stress. **New Biotechnology**, v.33, p.692–705, 2016.
- POURGHAYOUMI, M.; BAKHSHI, D.; RAHEMI, M.; HAGHIGH, A. A. K.; AALAMI, A. The physiological responses of various pomegranate cultivars to drought stress and recovery in order to screen for drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, v.217, p.164–172, 2017.
- RAMPINO, P.; PATALEO, S.; GERARDI, C.; MITA, G.; PERROTTA, C. Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. **Plant Cell and Environment**, v.29, p.2143–2152, 2006.
- RIBEIRO, M. N. O.; CARVALHO, S. P.; PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p.354-361, 2012.
- ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. *Manihot*, *Manihotoides* (Euphorbiaceae). In: *Flora Neotropica-Monograph*, Hafner Press, New York, n.13, p.272, 1973.
- SANTISOPASRI, V.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C. G. Impact of water stress on yield

and quality of cassava starch., *Industrial Crops and Products an International Journal*Amsterdan, v. 13, p. 115-129, 2001.

SARWAT, M.; TUTEJA, N. Hormonal signaling to control stomatal movement during drought stress. **Plant Gene**, v.11, p.143–153, 2017.

SEBAYANG, A. H.; MASJUKI, H. H.; ONG, H. C.; DHARMA, S.; SILITONGA, A. S.; KUSUMO, F.; MILANO, J. Prediction of engine performance and emissions with *Manihot glaziovii* bioethanol – Gasoline blended using extreme learning machine. **Fuel**, v.210, p.914–921, 2017.

SHAVRUKOV, Y.; KURISHBAYEV, A.; JATAYEV, S.; SHVIDCHENKO, V.; ZOTOVA, L.; KOEKEMOER, F.; GROOT, S.; SOOLE, K.; LANGRIDGE, P. Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? **Early Flowering as a Drought Escape Mechanism**, v.8, p.1-8, 2017.

SOARES, J. G. G. Cultivo da maniçoba para a produção de forragem no semi-árido brasileiro. Comunicado Técnico, Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, p. 59, 1995.

SOARES, J. G. G. Utilização da maniçoba para ensilagem. Comunicado Técnico. No. 100. **EMBRAPA-CPATSA**, Petrolina, PE, 2001.

SOARES, J. G. G.; SILVIANO, L. M. C. Cultivo da maniçoba para produção de forragem no semiárido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA (Instrução Técnica, nº.33), 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**.5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAVARES, I. B.; MOMNTÉ, V. G.; BARRETO, H. G.; CASTRO, H. G.; SANTOS, G. R.; NASCIMENTO, I. R. Tipos de estacas e diferentes substratos na propagação vegetativa de erva cidreira (quimiotipos I, II e III). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 206-213, 2012.

VIEIRA, E. A.; FIALHO J. F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; FALEIRO, F. G. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, v.36, n.1, p.56-67, 2008.

VOJTA, P.; KOKÁŠ, F.; HUSIČKOVÁ, A.; GRÚZ, J.; BERGOUGNOUX, V.; MARCHETTI, C.F.; JISKROVÁ, E.; JEŽILOVÁ, E.; MIK, V.; IKEDA, Y.; GALUSZKA, P. Whole transcriptome analysis of transgenic barley with altered

cytokinin homeostasis and increased tolerance to drought stress. **New Biotechnology**, v.33, p.676–691, 2016.

VURUKONDA, S. S. K.P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v.184, p.13–24, 2016.

WANG, B.; GUO, X.; ZHAO, P.; RUAN, M.; YU, X.; ZOU, L.; YANG, Y.; LI, X.; DENG, D.; XIAO, J.; XIAO, Y.; HU, C.; WANG, X.; WANG, X.; WANG, W.; PENG, M. Molecular diversity analysis, drought related marker-traits association mapping and discovery of excellent alleles for 100-day old plants by EST-SSRs in cassava germplasm (*Manihot esculenta* Cranz). **PLOS ONE**, v.12, p.1-23, 2017.

WANI, S. H.; KUMAR, V.; SHRIRAM, V.; SAH, S. K. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. **THE CROP JOURNAL**, v.4, p.162 – 176, 2016.

WANI, S. H.; SINGH, N. B.; HARIBHUSHAN, A.; MIR, J. I. Compatible Solute Engineering in Plants for Abiotic Stress Tolerance - Role of Glycine Betaine. **Current Genomics**, v.14, p.157–165, 2013.

XU, Y.; HUANG, B. Transcriptional factors for stress signaling, oxidative protection, and protein modification in *ipt*-transgenic creeping bentgrass exposed to drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.144, p.49–60, 2017.

ZAHOOR, R.; ZHAO, W.; ABID, M.; DONG, H.; ZHOU, Z. Title: Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. **Journal of Plant Physiology**, v.215, p.30–38, 2017.

ZARGAR, S. M.; GUPTA, N.; NAZIR, M.; MAHAJAN, R.; MALIK, F. A.; SOFI, N. R.; SHIKARI, A. B.; SALGOTRA, R. K. Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. **Plant Gene**, v.11, p.154–159, 2017.

ZHENG, X.; LIU, Z.; LI, S.; WANG, L.; LV, J.; LI, J.; MA, X.; FAN, L.; QIAN, F. Identification and characterization of a cytotoxic polysaccharide from the flower of *Abelmoschus Manihot*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.82, p.284–290, 2016.

ZHOU, P.; NA, Y.; WANG, Z.; DU, H.; HUANG, B. Characterization of Gene Expression Associated with Drought Avoidance and Tolerance Traits in a Perennial Grass Species. **Gene Expression Associated with Drought Tolerance**, v.8, p.1-12, 2014.

CAPÍTULO I - EFEITO DE REGIMES HÍDRICOS NO DESENVOLVIMENTO DE ACESSOS DO GÊNERO *Manihot*

RESUMO

O objetivo do trabalho foi selecionar acessos do gênero *Manihot* com base em caracteres morfológicos submetidos à diferentes disposições de regimes hídricos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas três condições de regimes hídricos (simulação da chuva, com base na normal climatológica para a região [322,29 mm; 46,22 mm]; reposição de 100% da evapotranspiração da cultura [755,64 mm; 593,56mm]; e reposição de 20% da evapotranspiração da cultura [151,13 mm; 118,71 mm]) e nas subparcelas, oito acessos de espécies do gênero *Manihot* (gema de ovo e engana ladrão da espécie *M. esculenta* e BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; e BGMS48 acessos de *Manihot* sp.). Para o primeiro (120 dias) e o segundo ciclo (60 dias) após a aplicação dos tratamentos às plantas, foram avaliadas as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento e largura do lóbulo foliar e massa fresca e massa seca total das folhas. Para cada ciclo de cultivo utilizou-se a análise de variância/deviance obtida por meio da metodologia de modelos mistos REML (restricted maximum likelihood) e estimadas as médias genotípicas de cada acesso para cada regime hídrico em cada ciclo. As maiores médias genotípicas foram expressas pelos acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 para grande parte das variáveis analisadas, independentemente do ciclo de cultivo. O tratamento com simulação de chuva para o primeiro ciclo de cultivo proporcionou desenvolvimento das plantas semelhante quando comparado ao tratamento com 100% da ET_C . Para os genótipos, os caracteres número de folhas, comprimento e largura do limbo foliar e massa seca das folhas são indicados para o estudo de seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico. Baseados nessas características, os acessos BGMS102, BGMS115 e BGMS79 apresentaram os melhores desempenhos em condições de regime hídrico limitado. Os caracteres como altura de plantas, diâmetro do caule e massa fresca foliar não foram capazes de discriminarem os genótipos do gênero *Manihot* em tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico.

Palavras-chave: déficit hídrico, morfologia vegetal, seleção de acessos.

EFFECT OF WATER REGIMES IN THE DEVELOPMENT OF GENDER

ACCESS *Manihot*

ABSTRACT

The objective of this work was to select accesses of the genus *Manihot* based on morphological characters submitted to different provisions of water regimes. The experimental design was a randomized complete block design with split plots, the plots being three conditions of water regimes (rain simulation, based on climatological normal for the region [322.29 mm, 46.22 mm], replacement of 100 % of the crop evapotranspiration [755.64 mm, 593.56mm], and 20% of crop evapotranspiration [151.13 mm, 118.71 mm]) and in the subplots, eight accessions of species of the genus *Manihot* of egg and tricks thief of the species *M. esculenta* and BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; and BGMS48 accesses of *Manihot* sp.). For the first (120 days) and the second cycle (60 days) after application of the treatments to the plants, the following variables were evaluated: plant height, stem diameter, leaf number, leaf lobe length and width and fresh mass and mass dry leaves. For each crop cycle, the variance / deviance analysis was obtained using the methodology of mixed models (REML) and estimated the genotype means of each access for each water regime in each cycle. The highest genotypic means were expressed by the accessions BGMS115, BGMS102, BGMS79 and BGMS24 for most of the analyzed variables, independently of the cultivation cycle. Treatment with rain simulation for the first cropping cycle provided similar plant development when compared to 100% ETC treatment. For the genotypes, the number of leaves, length and width of the leaf blade and dry mass of the leaves are indicated for the study of selection of materials tolerant to the water deficit. Based on these characteristics, accesses BGMS102, BGMS115 and BGMS79 showed the best performances under conditions of limited water regime. The characters such as plant height, stem diameter and fresh leaf mass were not able to discriminate genotypes of the genus *Manihot* in tolerant or sensitive to water deficit.

Keywords: water deficit, plant morphology, selection of accesses.

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola é amplamente dependente da água para a irrigação e o suprimento hídrico das culturas, cuja ocorrência de secas severas têm resultado em grandes perdas socioeconômicas pela diminuição da produção de alimentos (ZHAO et al., 2017). Para Zhang et al. (2016), embora a produção agrícola em geral tenha aumentado nos últimos anos, a seca agrícola constitui a principal causa do fracasso das culturas, resultando em instabilidade global dos preços dos alimentos e ameaçando a segurança alimentar. Nesse sentido, apenas no ano de 2012 - considerando as perdas diretas na produção agrícola advindas da seca -, os Estados Unidos têm estimado prejuízos de quase 30 bilhões de dólares, além de outros 5 bilhões envolvendo perdas relacionadas à pecuária e aos produtos lácteos (ELLIOTT et al., 2018).

A deficiência hídrica nas plantas causa a redução do crescimento, rendimento e, conseqüentemente, diminui a capacidade produtiva, sendo a intensidade e a duração desse estresse por falta de água capazes de desencadear uma série de processos adaptativos nos vegetais através de mudanças em níveis moleculares, celulares, bioquímicos e fisiológicos, permitindo a sua sobrevivência nesses ambientes (PUTPEERAWIT et al., 2017). Segundo Merwad et al. (2018), as respostas ao déficit hídrico são complexas e vários mecanismos são adotados pelas plantas quando se encontram sob limitação hídrica.

Afim de garantir o estabelecimento de culturas em regiões onde há limitações hídricas, torna-se fundamental a identificação e seleção de genótipos tolerantes que consigam manter o seu rendimento produtivo em função do maior uso eficiente de água pelas plantas visando diminuir os impactos negativos à produção agrícola decorridos pela seca (MANSOUR et al., 2017). Nesse contexto, vários procedimentos são adotados pelos pesquisadores para a caracterização e identificação desses genótipos, destacando-se a seleção por meio de descritores morfológicos (VALE et al., 2012; PEZZOPANE et al., 2015; PINHEIRO et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2011). Sob este aspecto, diversas características das plantas são utilizadas afim de elucidar e identificar genótipos que conseguem tolerar ao déficit hídrico como, por exemplo, altura de plantas, comprimento e largura de lóbulos da folha, número de folhas (OKOGBENIN et al., 2013), redução da área foliar (EL-SHARKAWY, 1993; CAYÓN et al., 1997), além de outras variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo (VALE et al., 2012).

De acordo com Ferreira et al. (2009), a parte aérea das euforbiáceas pode ser uma alternativa para aumentar a viabilidade econômica e a produtividade da pecuária em

regiões semiáridas durante o período crítico, visto que possuem alto valor nutritivo e boa aceitabilidade pelos animais. Nesse sentido, espécies do gênero *Manihot* têm ampla utilização para o meio agrícola e a forma mais estratégica, econômica e de curto prazo para reduzir os efeitos da seca sob o rendimento produtivo destas culturas está na adoção de genótipos cada vez mais tolerantes. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar e selecionar através de descritores morfológicos acessos do gênero *Manihot* submetidos à diferentes disposições de regimes hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Caatinga (CEC), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Semiárido, em Petrolina – PE, com as coordenadas 09°03'25" de latitude Sul, 40°28'95" de longitude Oeste e 395 m de altitude, e tem clima classificado, segundo Köppen, como BSwh', semiárido, com temperaturas médias elevadas. O solo da área experimental, conforme Santos et al. (2013), é classificado como neossolo quartzarênico, e suas características físicas e químicas das camadas de 0-20 e 20-40 cm, estão dispostas nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental.

Prof. (cm)	Densidade		Porosidade Total (%)	Granulometria		
	Solo kg dm ⁻³	Partículas		Areia	Silte	Argila
0 – 20	1,31	2,52	47,88	755,1	155,8	89,1
20 – 40	1,28	2,58	50,28	772,3	115,3	112,5

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental.

Prof. (cm)	C.E. mS cm ⁻¹	pH	C g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
		-			cmol _c dm ⁻³					
0-20	2,08	5,5	4,8	4,32	0,31	0,02	1,00	2,00	0,00	1,2
20-40	1,47	5,1	2,6	2,16	0,22	0,03	1,00	1,95	0,05	1,7

Para os valores obtidos pela caracterização física desse solo, este pode ter sua classificação textural definida como franco arenoso (LEMOS; SANTOS, 1996).

O solo da área foi preparado segundo os procedimentos comumente utilizados pelos agricultores da região do semiárido Pernambucano, não recebendo nenhum tipo de correção química antes do estabelecimento do experimento. Desta forma, o preparo inicial do solo para a instalação e sistematização da área experimental constituiu-se de uma aração e duas gradagens niveladoras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, num esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas três condições de regimes hídricos (simulação da chuva com uso das séries históricas dos últimos 30 anos da região, no qual foram dispostos microaspersores nas parcelas experimentais para simulação da quantidade de

água precipitada no período chuvoso de quatro meses [322,29 mm; 46,22 mm]; reposição de 100% da evapotranspiração da cultura [755,64 mm; 593,56 mm]; e um déficit hídrico com reposição de apenas 20% da evapotranspiração da cultura [151,13 mm; 118,71 mm], sendo estes dois últimos irrigados por gotejamento) e nas subparcelas, oito acessos de espécies do gênero *Manihot* (gema de ovo e engana ladrão da espécie *M. esculenta* e BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; e BGMS48 acessos de *Manihot* sp.). A área total ocupada pelo experimento foi de 918 m² (51 x 18 m), sendo as parcelas com área de 60 m² (15 x 4 m), e, as subparcelas com 6 m² (1,5 x 4 m). Na instalação do sistema de gotejamento, utilizou-se fitas gotejadoras de polietileno flexível com diâmetro nominal de 16 mm, vazão de 2,1 L h⁻¹ e espaçamento entre os emissores de 0,50 m. Já para o sistema de microaspersão, foram considerados 6 emissores por parcela, com vazão de 45 L h⁻¹ e espaçados a 2,5 m entre si.

Uma vez instalado os sistemas de irrigação na área experimental, determinou-se a eficiência de aplicação da água seguindo a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974). Os valores encontrados para o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foram iguais a 68,95% (microaspersão) e 96,52% (gotejamento), sendo os sistemas classificados de acordo com Mantovani (2001) como bom e excelente, respectivamente.

Os acessos foram coletados na Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* pertencente à Embrapa Semiárido. A coleta do material vegetal deu-se pela retirada de ramos do terço médio de plantas sadias, seccionados em manivas de tamanhos correspondente a 0,20 m cada uma e plantadas em saquinhos plásticos de polietileno com capacidade de 1 kg de substrato para a obtenção de mudas uniformes. Para o preparo do substrato utilizado na confecção das mudas utilizou-se solo, areia lavada e esterco caprino curtido na proporção correspondente a 2:1:1. As mudas foram devidamente identificadas e mantidas em viveiro por um período de dois meses. Após esse período, as mudas de cada acesso foram levadas ao local definitivo e obedeceram a espaçamentos de 1,5 m entre linhas por 1,0 m entre plantas, sendo quatro plantas por parcela de acessos considerando úteis as centrais. As covas para o transplântio das mudas foram abertas com auxílio de enxadas ou cavadores onde cada uma recebeu 2 L de esterco caprino curtido, repetindo esta dosagem como cobertura aos 120 dias após o transplântio (início do segundo ciclo de cultivo). O transplântio das mudas para o local definitivo aconteceu no dia 3 de maio de 2017.

O manejo da irrigação foi realizado de duas formas distintas para dois ciclos de cultivo, sendo uma aplicando-se as lâminas como simulação da precipitação para a região,

com base na normal climatológica (Tabela 3), e a outra irrigando-se com base na evapotranspiração da cultura (ET_C), a qual, conforme proposto por Allen et al. (1998), utilizou-se a evapotranspiração de referência (ET_0) obtida de uma estação meteorológica instalada próximo ao local do experimento e o coeficiente de cultura (K_C), iguais a 0,3 (fase inicial), 1,10 (fase de crescimento) e 0,50 (fase final) e corrigida em função do coeficiente de localização (K_L) proposto por Keller e Bliesner (1990). A água utilizada nas irrigações foi proveniente do Rio São Francisco, com condutividade elétrica de 0,06 $dS\ m^{-1}$ e pH de 7,6 e realizadas em dias intercalados. A umidade do solo foi monitorada ao longo do experimento com auxílio de sondas do equipamento TDR 100 (Campbell) à profundidade do solo de 0 a 20 cm. Nas parcelas irrigadas com 100% da evapotranspiração da cultura (755,64 mm – primeiro ciclo; 593,56 mm – segundo ciclo), a umidade manteve-se constante ao longo do período do experimento em valores próximos a 20%, independentemente do ciclo de cultivo. Nas parcelas sob déficit hídrico, ou seja, com 20% da evapotranspiração da cultura (151,13 mm – primeiro ciclo; 118,71 mm – segundo ciclo), os valores de umidade ficaram próximos a 4% durante os ciclos. Ao final do primeiro ciclo de cultivo foi realizado o corte das plantas úteis (0,20 m da superfície do solo) de todas as parcelas. Para as lâminas com simulação de chuva, foi aplicado duas lâminas de irrigação (Tabela 3) para o estabelecimento após o corte e suas irrigações subsequentes foram suspensas, caracterizando-se como condições de sequeiro para o segundo ciclo de cultivo.

Tabela 3. Precipitações médias proveniente dos dados da normal climatológica do campo experimental em estudo, ocorridas no período de 1984 a 2014 ⁽¹⁾.

Ciclos de cultivo	Meses	Semana	Precipitação (mm)	Total (mm)
I	Janeiro	1	10,45	322,29
		2	19,61	
		3	18,33	
		4	33,03	
	Fevereiro	1	14,27	
		2	16,46	
		3	22,12	
		4	22,11	
Março	1	22,42		

		2	28,75	
		3	24,05	
		4	33,95	
		1	15,50	
	Abril	2	28,11	
		3	5,21	
		4	7,92	
		1	14,00	
II	Maio	2	32,22	46,22

⁽¹⁾Estação meteorológica do Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido – PE.

Para o primeiro (120 dias) e o segundo ciclo (60 dias) após a aplicação dos tratamentos às plantas, foram avaliados os descritores morfológicos: altura de planta (AP), avaliada a partir do nível do solo até a base da inserção do broto terminal da planta, mensurada com o auxílio de uma trena graduada em centímetros; diâmetro do caule (DC), aferido na base de inserção do broto lateral com o auxílio de paquímetro digital; número de folhas (NF), determinado pela contagem de folhas por planta em que foram consideradas apenas as folhas que apresentaram ao menos 60% da superfície do limbo foliar verde; comprimento (COMP), aferido pela medição da distância do ponto de inserção dos lóbulos ao pecíolo até a extremidade longitudinal do lóbulo central das folhas de cada acesso com o auxílio de uma régua graduada em centímetros; largura do lóbulo foliar (LLF), obtida pela medição da largura do lóbulo foliar, na sua porção basal de cada acesso com o auxílio de uma régua graduada em centímetros; massa fresca (MF) e massa seca total (MS), obtida pelo peso da massa fresca e seca do caule e das folhas, em gramas.

Para cada ciclo de cultivo utilizou-se a análise de variância/deviance no Proc Mixed do SAS 9.2 (SAS Institute, 2008) em um modelo de parcela subdividida, considerando os efeitos do regime de disposição hídrica como fixo e os acessos como aleatórios. Foram estimadas as médias genotípicas de cada acesso para cada regime hídrico em cada ciclo de cultivo. Foram estimadas também componentes de variância pelo método REML (restricted maximum likelihood) e a herdabilidade e acurácia conforme Resende (2002). Para tanto, utilizou-se o software Selegen (Resende, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as variáveis morfológicas de crescimento e desenvolvimento (altura média e diâmetro do caule; número de folhas; comprimento foliar; massa fresca e seca das folhas) demonstraram interação significativa entre os acessos e os tipos de regimes hídricos adotados, com exceção para a variável largura do limbo foliar (Tabela 4). Considerando cada um dos ciclos de cultivo, a análise de variância/deviance não apresentou efeito significativo de genótipos para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule e massa fresca de folhas.

Tabela 4. Estimativas da análise de variância/deviance para as variáveis de crescimento⁽¹⁾ e desenvolvimento de acessos do gênero *Manihot* submetidos à diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.

Caracteres	Primeiro ciclo de cultivo ⁽²⁾				
	Deviance			LRT (Gen)	LRT (GxA)
	Modelo completo	Genótipo	Interação GxA		
ALT	461,50	462,93	505,67	1,43 ^{ns}	44,17**
DC	265,16	267,07	283,95	1,91 ^{ns}	18,79**
NF	541,89	548,76	583,07	6,87**	41,18**
COMP	156,40	161,58	171,93	5,18*	15,53**
LLF	51,41	72,69	53,12	21,28**	1,71 ^{ns}
MFF	760,38	761,61	834,48	1,23 ^{ns}	74,10**
MSF	600,50	605,22	662,76	4,72*	62,26**
Segundo ciclo de cultivo ⁽³⁾					
ALT	461.5	462.93	505.67	1.43 ^{ns}	44.17**
DC	265.16	267.07	283.95	1.91 ^{ns}	18.79**
NF	541.89	548.76	583.07	6.87**	41.18**
COMP	156.4	161.58	171.93	5.18*	15.53**
LLF	51.41	72.69	53.12	21.28**	1.71 ^{ns}
MFF	760.38	761.61	834.48	1.23 ^{ns}	74.10**
MSF	600.5	605.22	662.76	4.72*	62.26**

⁽¹⁾ALT = altura de planta (cm); DC = diâmetro do caule (mm); NF = número de folha (unidade); COMP = comprimento do limbo foliar (cm); LLF = largura do limbo foliar (cm); MFF = massa fresca das folhas (g); MSF = massa seca das folhas (g); ⁽²⁾ Primeiro

ciclo de cultivo – 120 dias após o plantio; (3) Segundo ciclo de cultivo – 60 dias após o plantio; ns: não significativo pelo teste do Qui-quadrado; *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste do Qui-quadrado; **: significativo a 10% de probabilidade pelo teste do Qui-quadrado.

Por se tratarem de plantas com alto potencial a serem utilizados na alimentação de animais (MEDINA et al., 2009; ALENCAR et al., 2015; MORGAN; CHOCT, 2016), a parte aérea e a consequente produção de biomassa vegetal tornam-se características de fundamental importância para a recomendação de clones pertencentes ao gênero *Manihot*. Nesse sentido, para a característica altura de planta no primeiro ciclo de cultivo, os genótipos BGMS102, BGMS115, BGMS79 e BGMS24 apresentaram as maiores médias genotípicas quando submetidos ao regime com simulação de chuva. Para o regime hídrico com reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (100% ET_C), os acessos com as maiores médias foram BGMS48, BGMS102, BGMS110 e BGMS24. Considerando o regime com estresse hídrico, ou seja, com 20% da evapotranspiração da cultura (20% ET_C), os acessos que se destacaram foram Engana ladrão, BGMS79, Gema de Ovo e BGMS24 (Tabela 5).

Com relação ao segundo ciclo de cultivo, os acessos que se sobressaíram com o regime hídrico de simulação da chuva (com baixos níveis pluviométricos neste período) foram BGMS102, BGMS79, BGMS24 e Engana Ladrão, apresentando reduções significativas em altura de plantas quando comparado ao primeiro ciclo de cultivo onde há irrigação para este tratamento, não sendo observado tal comportamento, portanto, para o acesso BGMS48 que teve comportamento em altura relativamente semelhante para os dois ciclos. Para o regime com 100% da ET_C, a maioria dos acessos apresentou destaque quando cultivados sob regime hídrico limitado, apresentando médias genotípicas para a variável altura superior a 80 centímetros. Quando submetidos ao regime com 20% da ET_C, os acessos Gema de Ovo, BGMS102, BGMS24, BGMS79 e BGMS115 demonstraram as maiores médias (Tabela 5).

Considerando o comportamento dos acessos para os diferentes regimes hídricos e para o primeiro ciclo de cultivo, observou-se que BGMS102, BGMS115, BGMS79, BGMS24 e Gema de Ovo demonstraram comportamento semelhante para altura de plantas quando submetido às maiores disposições hídricas ofertadas pelos tratamentos de simulação de chuva e 100% da ET_C, tendo seu rendimento vegetativo reduzido pela limitação da oferta de água através do tratamento com 20% da ET_C. Para o segundo ciclo,

no geral, a ausência de água (simulação de chuva) ou a limitação de sua oferta (20% ET_C) promoveram baixos rendimentos para altura de plantas, com exceção do acesso BGMS79 e Engana Ladrão.

Tabela 5. Médias genótípicas para altura de plantas (cm) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	90,45	91,09	70,46
Engana Ladrão	82,62	103,79	73,51
BGMS115	121,99	99,99	61,02
BGMS110	58,67	123,35	57,32
BGMS102	122,99	123,71	59,19
BGMS79	115,11	103,63	71,98
BGMS24	95,45	104,91	70,17
BGMS48	54,89	132,58	57,88
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	52,62	110,60	93,30
Engana Ladrão	67,58	82,69	65,20
BGMS115	50,59	119,11	74,82
BGMS110	13,52	137,53	68,80
BGMS102	79,27	110,43	85,63
BGMS79	75,44	112,10	75,23
BGMS24	68,52	129,41	76,46
BGMS48	58,22	125,89	64,94

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Trabalhos envolvendo características genótípicas de espécies do gênero *Manihot* são raros na literatura, entretanto, parâmetros como altura de plantas podem ser

considerados como características importantes para quantificação de diversidade genética (AMORIM et al., 2007) e para a seleção e identificação de plantas tolerantes ao déficit hídrico (OKOGBENIN et al., 2013), uma vez que seu crescimento pode ser considerado como ferramenta indispensável para avaliação da produtividade em várias culturas (SHAO et al., 2008). Nesse sentido, trabalhando com a cultura da mandioca sob déficit hídrico, Matos et al. (2016) verificaram maiores alturas de planta para os materiais vegetais estudados quando submetidos ao estresse, destacando-se o BRS 399 e BRS 398. Em trabalho envolvendo 28 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), Fiuza (2010) pôde identificar que sete variedades (engana ladrão, fio de ouro, venezolana, pretinha V, rosa, jaboti e maragogipe) tiveram maior incremento para altura de planta em condições de estresse hídrico, quando comparada aos demais. Apesar destes resultados indicarem materiais com menor sensibilidade ao déficit hídrico, Bergantin et al. (2004) mostraram que características como altura da planta e o número de folhas na mandioca foram afetadas tanto pelo regime hídrico como pelo genótipo e que o estresse pela falta de água tornou as plantas atrofiadas e com poucas folhas quando comparadas às que foram irrigadas, o que por sua vez corrobora com os resultados obtidos neste estudo.

Em relação ao diâmetro do caule para o primeiro ciclo de cultivo, os acessos que apresentaram as maiores médias genotípicas para o regime de simulação de chuva foram BGMS102, BGMS115, BGMS79 e o BGMS24 (Tabela 6). Sob regime hídrico com 100% ET_C , as médias genotípicas para esta variável apresentaram comportamento semelhante e com desenvolvimento médio do caule superior a 18 mm de diâmetro. Para o regime com 20% da ET_C , as médias genotípicas variaram entre 12,82 mm (BGMS115) e 16,62 mm (Engana Ladrão).

Para o segundo ciclo, o diâmetro do caule sofreu redução significativa quando houve a ausência de água pela irrigação referente ao regime de simulação de chuva, apresentando destaque de médias para os acessos mais tolerantes nesta condição com o BGMS102, BGMS79, BGMS24 e Engana Ladrão. Com relação aos acessos submetidos ao regime com 100% da ET_C , BGMS24, BGMS110, BGMS48 e BGMS115 mostraram-se com maior desenvolvimento do diâmetro do caule para esta condição de cultivo. Se tratando do regime 20% da ET_C , as médias genotípicas para esta característica foram relativamente semelhantes para todos os acessos avaliados.

Analisando-se o comportamento dos acessos para os diferentes regimes hídricos e independente do ciclo de cultivo, pôde-se notar que a presença ou ausência de água

aplicada pelos diferentes tipos de regimes hídricos adotados neste estudo interferiram negativamente no desenvolvimento do caule para todos os acessos avaliados.

Tabela 6. Médias genotípicas para diâmetro do caule (mm) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	17,58	21,14	14,27
Engana Ladrão	17,08	22,77	16,62
BGMS115	23,26	20,34	12,82
BGMS110	12,64	21,76	14,57
BGMS102	25,10	21,31	13,26
BGMS79	23,08	20,03	13,42
BGMS24	22,68	18,88	14,98
BGMS48	15,55	21,93	13,97
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	9,28	16,89	12,82
Engana Ladrão	10,10	14,71	12,97
BGMS115	9,52	19,10	12,49
BGMS110	2,24	20,53	12,45
BGMS102	14,48	18,28	12,42
BGMS79	11,02	17,51	13,55
BGMS24	10,20	20,95	12,30
BGMS48	8,45	19,79	10,95

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

De acordo com Vale et al. (2012), quando o genótipo é submetido a uma condição de estresse o valor de suas características apresenta um decréscimo, mesmo para genótipos tolerantes. Diante disso, estudos realizados por Araújo Filho et al. (2013)

pueram verificar que as maiores disponibilidades hídricas para as plantas de maniçoba (*M. pseudoglazovii*) resultaram no aumento dos diâmetros do caule. Além deste, vários outros estudos comprovam o aumento do diâmetro do caule em função da maior disponibilidade hídrica às plantas (BALDO et al., 2009; DUTRA et al., 2012). Nesse sentido, cabe salientar que o crescimento e o desenvolvimento das plantas são dependentes da divisão, alongamento e diferenciação celular cujos processos são prejudicados pela falta de água em função da perda da turgescência, especialmente no que se diz respeito ao câmbio caulinar (TEZARA et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013). O diâmetro do caule é fundamental para o desenvolvimento dos ramos e, conseqüentemente de tal importância para a arquitetura da planta. Assim, perdas no desenvolvimento do diâmetro e altura das plantas resultante de estresse hídrico podem possivelmente diminuir a oferta de estacas ou manivas para o plantio no campo ou ainda, prejudicar o seu estabelecimento (GOMES; PAIVA, 2004; ALVES, 2006; RITCHIE; LANDIS, 2008).

Com relação à variável número de folhas para o primeiro ciclo de cultivo, verificaram-se as maiores médias genótípicas para os acessos BGMS102, BGMS115 e BGMS79 em regime com simulação de chuva; BGMS24, BGMS110 e BGMS115 em condições de regime hídrico com 100% da ET_C e para Gema de Ovo, Engana Ladrão e BGMS48 quando submetido à limitação hídrica com 20% da ET_C (Tabela 7).

Para o segundo ciclo de cultivo, apenas o acesso BGMS102 apresentou maior média genotípica para esta variável quando as plantas foram submetidas ao regime de simulação de chuva neste período. No aumento da oferta de água as plantas pelo regime com 100% da ET_C , apresentaram destaque com as maiores médias os acessos BGMS115, BGMS24 e BGMS79 (Tabela 7). Em regime com 20% da ET_C , os maiores resultados de médias foram observados pelos acessos Engana Ladrão, BGMS110, BGMS48 e Gema de Ovo.

Considerando o comportamento dos acessos para os diferentes regimes hídricos no primeiro ciclo, observou-se que, no geral, houve redução para o número de folhas dos acessos submetidos ao regime com 100% da ET_C em comparação ao regime com simulação de chuva, o que pode indicar comportamento distinto dos genótipos para a perda ou retenção de folhas em função do tipo de irrigação que é utilizado para o suprimento hídrico das culturas, como observado principalmente para os acessos BGMS115, BGMS102 e BGMS79. Em regime de simulação de chuva e 20% da ET_C , os acessos que apresentaram médias genótípicas semelhantes foram Gema de Ovo, Engana Ladrão, BGMS110 e BGMS48, o que se caracterizam como materiais para o plantio com

bom desenvolvimento mesmo com o suprimento e oferta de água limitada. Para o segundo ciclo de cultivo envolvendo os regimes hídricos, apesar do acesso BGMS79 apresentar média genotípica semelhante entre os regimes com limitações no suprimento de água às plantas, pôde-se verificar a redução para o número de folhas dos acessos quando o suprimento hídrico de simulação de chuva foi cessado, o que pode indicar a presença de mecanismos de tolerância das plantas aos regimes hídricos impostos pela perda de folhas em situações de recursos hídricos limitados. Nesse contexto, o acesso BGMS102 apresentou a maior média genotípica dentre os regimes avaliados e mesmo considerando a ausência de irrigação neste período, como observado para este acesso em regime de simulação de chuva, pode sugerir genótipo com potencial para o cultivo em regiões com suprimento de água limitado para a irrigação e ótima alternativa como forragem.

Tabela 7. Médias genotípicas para número de folhas de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	58,80	80,89	59,98
Engana Ladrão	66,73	86,76	57,62
BGMS115	117,04	106,75	7,27
BGMS110	46,55	108,42	46,59
BGMS102	165,28	88,46	10,09
BGMS79	115,01	95,73	30,22
BGMS24	75,77	121,72	35,50
BGMS48	54,42	88,33	49,78
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	14,38	77,29	28,38
Engana Ladrão	16,59	64,27	35,22
BGMS115	12,70	133,29	10,63
BGMS110	12,16	80,86	31,03

BGMS102	73,62	64,53	22,74
BGMS79	23,06	120,33	22,37
BGMS24	29,15	121,94	19,98
BGMS48	14,10	76,30	30,50

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

É sabido que espécies de plantas submetidas a maiores disponibilidades de água consigam produzir maiores números de folhas e que qualquer redução na taxa de crescimento dessa variável pode constituir-se como uma estratégia de defesa em função à seca, principalmente pela aceleração da senescência e abscisão foliar o que influencia na diminuição da transpiração (MANSFIELD; DAVIES, 1985; ANJUM et al., 2011). Além disso, é necessário considerar às diferenças quanto a produtividade da parte aérea que os acessos possuem entre si e a idade das plantas, uma vez que são fatores que influenciam a produção de folhas (NUNES IRMÃO et al., 2008). Diante disso, o número de folhas das plantas está intimamente relacionado com a definição dos estágios de desenvolvimento do vegetal e à evolução da área foliar (STRECK et al., 2005; DELLAI et al., 2005). A evolução da área foliar pelo aumento do número de folhas tem papel crucial na sobrevivência e desempenho das culturas, uma vez que é importante para a captação da luz solar imprescindível para a realização da fotossíntese (MORAES et al., 2013; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Avaliando-se a variável comprimento do limbo foliar para o primeiro ciclo, os acessos que apresentaram as maiores médias genotípicas em regime com simulação de chuva foram Gema de Ovo e Engana Ladrão, seguidos do acesso BGMS115 e BGMS102 (Tabela 8). Em condições de maior disponibilidade hídrica (100% da ET_C) e oferta limitada de água às plantas (20% da ET_C), os acessos mostraram-se com médias genotípicas semelhantes para cada um dos regimes adotados.

Considerando o segundo ciclo de cultivo, os acessos que apresentaram as maiores médias genotípicas em regime com simulação de chuva foram BGMS102, BGMS115, BGMS24 e BGMS79, que mesmo sem irrigação neste período, conseguiram manter o comprimento das folhas cujos mecanismos possivelmente podem imprimir tolerância desses genótipos às condições impostas neste estudo. Para o regime com 100% da ET_C , os acessos Gema de Ovo e Engana Ladrão apresentaram destaque para as médias genotípicas nesta condição hídrica. Já para o regime com 20% da ET_C , no geral, as médias

genotípicas dos acessos avaliados tiveram comportamento semelhante neste período de cultivo (Tabela 8).

Com relação aos acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos no primeiro ciclo de cultivo, as médias genotípicas para o comprimento do limbo foliar foram maiores quando submetido às maiores disposições hídricas através dos regimes hídricos com simulação de chuva e 100% da ET_C e reduzidos pela limitação hídrica com apenas 20% da ET_C , indicando assim, reduções foliares como uma medida mitigatória para permitir a sobrevivência de plantas ao estresse hídrico. Para o segundo ciclo de cultivo, o mesmo comportamento de redução das médias genotípicas para a variável comprimento do limbo foliar foram verificadas, principalmente no regime de simulação de chuva sem a irrigação.

Tabela 8. Médias genotípicas para comprimento do limbo foliar (cm) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	17,32	15,68	10,83
Engana Ladrão	17,29	14,00	12,43
BGMS115	17,00	14,31	12,88
BGMS110	13,31	14,78	12,82
BGMS102	16,46	14,78	11,97
BGMS79	15,35	14,10	12,90
BGMS24	15,65	13,90	13,03
BGMS48	14,26	16,28	12,19
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	0,80	17,27	12,90
Engana Ladrão	1,48	15,81	10,65
BGMS115	12,92	12,65	13,82
BGMS110	1,50	13,69	12,68

BGMS102	13,75	13,46	12,31
BGMS79	12,48	13,54	11,80
BGMS24	12,65	13,42	11,84
BGMS48	1,38	13,92	13,12

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

São vários os mecanismos encontrados pela planta afim de mitigar a desidratação de seus tecidos quando estas se encontram em ambientes estressantes devido à ausência ou escassez por falta de água. Além da aceleração da senescência e abscisão foliar, o comprimento e largura das folhas também estão relacionados à área foliar cuja redução é considerada como um dos mais importantes mecanismos de defesa das plantas à deficiência hídrica. Diante disso e, levando em consideração as características morfológicas das plantas, a redução dessa variável é considerada como uma das primeiras reações dos vegetais a serem observadas em função do déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2013). Ainda nesse sentido, a menor redução do comprimento do limbo e, conseqüentemente, menor área foliar promoverá às plantas sob deficiência hídrica, diminuição de sua transpiração e menor risco de murcha permanente (ARRUDA et al., 2015). De forma geral e envolvendo os dois ciclos de cultivos, o fato de as médias genotípicas de cada acesso terem o comportamento semelhante em função de cada regime hídrico adotado, principalmente àqueles com maior ou menor disponibilidade hídrica às plantas, pode estar relacionado à sensibilidade que os materiais estudados possuem quanto ao nível de estresse hídrico adotado pelos regimes, em termos de comprimento do limbo foliar.

Para a variável largura do limbo foliar para o primeiro ciclo de cultivo, os acessos apresentaram médias genotípicas semelhantes entre si para cada um dos regimes hídricos avaliados, seja para simulação de chuva, 100% da ET_C ou com 20% da ET_C (Tabela 9).

Analisando-se o segundo ciclo de cultivo, para o regime com simulação de chuva sem irrigação, foram observados que os acessos BGMS102, BGMS115, BGMS24 e BGMS79 tiveram destaque em suas médias genotípicas, o que pode indicar o plantio desses acessos em áreas com regime hídrico e condições semelhantes às utilizadas neste estudo. Assim como observado para os regimes com 100% e 20% da ET_C no ciclo de cultivo anterior, a maior ou menor disponibilidade hídrica ofertada por estes tratamentos

não foram capazes de alterarem às médias genótípicas para a largura do limbo foliar no segundo ciclo de cultivo, permanecendo semelhantes entre si.

Em relação aos acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, observou-se de forma geral que a menor oferta de água causou redução das médias genótípicas para a variável largura do limbo foliar e que os tratamentos com maior oferta de água às plantas tiveram comportamento semelhantes para todos os acessos avaliados. Entretanto, os acessos BGMS48, BGMS110, Gema de Ovo e Engana Ladrão tiveram redução das médias genótípicas quando submetidos ao regime simulação de chuva sem irrigação para o segundo ciclo, indicando materiais genéticos altamente sensíveis à falta de água neste período e não tolerantes ao estresse hídrico para esta variável.

Tabela 9. Médias genótípicas para largura do limbo foliar (cm) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	5,26	5,30	4,39
Engana Ladrão	4,99	5,05	4,80
BGMS115	5,49	5,05	4,51
BGMS110	5,09	5,26	4,59
BGMS102	5,29	5,29	4,39
BGMS79	5,36	5,12	4,45
BGMS24	5,28	5,08	4,59
BGMS48	5,24	5,53	4,29
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	0,59	5,30	4,42
Engana Ladrão	1,22	4,03	3,28
BGMS115	4,47	3,64	5,60
BGMS110	0,43	5,39	4,95

BGMS102	4,79	4,22	4,38
BGMS79	4,05	4,59	4,09
BGMS24	4,34	4,50	4,08
BGMS48	0,19	5,61	5,67

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Segundo Pezzopane et al. (2015), em plantas, o estresse abiótico desencadeia uma série de respostas a partir de alterações da expressão gênica e do metabolismo celular, causando diminuição do potencial osmótico. Ainda, de acordo com estes autores, a taxa de expansão foliar e o crescimento geral da planta são fortemente afetados pela redução do turgor celular advindo de estresses pela falta de água. Diante disso, assim como o comprimento, a largura do limbo foliar também está associada a área foliar e mecanismos como redução de variáveis de comprimento e largura do limbo foliar, além do fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão de folhas, são associadas como uma das respostas mais proeminentes das plantas ao déficit hídrico cujo objetivo visa a manutenção do potencial de água celular presente nos vegetais afim de permitir a sua sobrevivência (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que pode ser evidenciado principalmente pela redução das médias genotípicas para largura do limbo foliar quando os acessos foram submetidos a menor oferta de água independente do ciclo de cultivo (Tabela 9). Desenvolvimentos em comprimento e largura no limbo foliar resultam em folhas grandes e, ao sofrerem estresses pela falta de água, entram em senescência e caem (SEIXAS, et al. 2015). Além disso, quanto maior a área foliar, maior será a perda de água pelo processo de transpiração.

Para a variável massa fresca de folhas no primeiro ciclo de cultivo, os acessos BGMS102, BGMS24, BGMS79 e BGMS115 obtiveram as maiores médias genotípicas para o regime de simulação de chuva. Já os acessos BGMS24, BGMS48 e BGMS115 tiveram destaque dentre os demais quando submetidos ao regime hídrico com 100% da ET_c. Nas condições de limitação hídrica ofertada às plantas (20% ET_c), as piores médias genotípicas foram verificadas nos acessos BGMS115, BGMS24 e BGMS102, indicando para esta variável alta sensibilidade desses materiais quanto à limitação hídrica em seu cultivo (Tabela 10).

No segundo ciclo de cultivo, os acessos BGMS102 e BGMS79 se sobressaíram com as maiores médias genotípicas para o regime com simulação de chuva mesmo sem

irrigação durante este período, sugerindo a possibilidade de materiais vegetais com alta tolerância genética ao estresse hídrico para a variável massa fresca de folhas. Quando submetidos a maior disponibilidade hídrica (100% ET_C), as maiores médias genotípicas foram observadas para os acessos BGMS24, BGMS115, BGMS48 e BGMS102. Em 20% da ET_C, os melhores materiais genéticos a serem cultivados sob limitação hídrica para esta variável foram BGMS79, BGMS110, Engana Ladrão e Gema de Ovo.

Com relação aos acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos para o primeiro ciclo de cultivo, pôde-se observar que os acessos Engana Ladrão, BGMS110 e BGMS48 tiveram comportamento em média genotípica semelhantes para esta variável nos regimes de simulação de chuva e com 20% da ET_C, imprimindo os maiores valores quando submetido ao regime com 100% da ET_C. Em geral, tiveram destaque os acessos BGMS102, BGMS79 e BGMS115 para o regime com simulação de chuva, BGMS24 e BGMS115 para as maiores disponibilidades hídricas às plantas (simulação de chuva e 100% da ET_C) e para os acessos Engana Ladrão, BGMS79 e BGMS110 em regime com 20% da ET_C. Quando os acessos foram submetidos aos diferentes regimes hídricos para o segundo ciclo de cultivo, pôde-se verificar a menor tolerância genética às condições impostas pelo regime com menor imposição hídrica para esta variável, principalmente considerando os acessos BGMS48, BGMS24 e Gema de Ovo (em simulação de chuva) e para o BGMS24 submetido ao regime hídrico com 20% da ET_C (Tabela 10).

Tabela 10. Médias genotípicas para massa fresca das folhas (g) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	392,85	430,44	123,50
Engana Ladrão	241,39	455,61	196,52
BGMS115	742,71	527,51	2,46
BGMS110	180,41	366,31	155,47
BGMS102	1090,27	303,03	39,52
BGMS79	746,81	277,59	178,03
BGMS24	784,20	678,67	5,96
BGMS48	173,60	529,80	122,79

Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	35,50	565,61	84,24
Engana Ladrão	67,92	353,83	91,15
BGMS115	-4,03	1009,62	78,30
BGMS110	59,28	391,61	107,96
BGMS102	257,22	728,04	73,34
BGMS79	197,70	503,60	131,80
BGMS24	29,53	1227,00	36,48
BGMS48	9,27	752,45	63,22

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

A partir dos dados obtidos para a massa fresca de folhas em nosso estudo, pôde-se observar que a produção de biomassa sofreu influência em função do maior ou menor regime hídrico em que as plantas se encontraram, sugerindo aos acessos que apresentaram as maiores médias genotípicas para esta variável, a presença de mecanismos fisiológicos e/ou morfológicos que possibilitaram o desenvolvimento vegetal nessas condições através da manutenção e hidratação dos tecidos ou pela possibilidade de manter o metabolismo ativo enquanto desidratadas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Entretanto, níveis maiores de produção de biomassa sempre exigirão maiores disponibilidades de água pela planta devido ao aumento de sua transpiração total (BERNIER et al., 2008). Na literatura, trabalhos destacam a existência da diferença varietal que o gênero *Manihot* possui e sua capacidade de resposta às diferentes situações de estresse (CERQUEIRA, 1992; NASSAR et al., 2007; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2009). Nesse sentido, estudos realizados por Oliveira et al. (2015) sobre os parâmetros genéticos para a tolerância à seca na mandioca comprovam este fato, concluindo que as estimativas das variâncias genéticas são maiores na ausência de déficit hídrico para a maioria dos traços agrônômicos para esta cultura.

Avaliando-se a variável massa seca das folhas no primeiro ciclo de cultivo, os acessos BGMS102, BGMS79, BGMS24 e BGMS115 se destacaram com as maiores médias genotípicas para o regime hídrico de simulação de chuva (Tabela 11). Para o

regime com 100% da ET_C , grande parte dos acessos estudados apresentaram médias genotípicas semelhantes entre si, destacando-se os acessos BGMS115 e BGMS24. Em condições hídricas com 20% da ET_C , as médias genotípicas de maior destaque foram observadas pelos acessos Engana Ladrão, BGMS110, BGMS48 e Gema de Ovo.

Em relação ao segundo ciclo de cultivo para esta variável, os acessos BGMS102 e BGMS79 apresentaram as maiores médias genotípicas para o regime com simulação de chuva neste período sem irrigação, indicando materiais genéticos tolerantes ao estresse hídrico para as condições avaliadas. Para o regime com 100% da ET_C , a maior média genotípica foi observada para o acesso BGMS24 e a menor média para o acesso Engana Ladrão, sendo as médias semelhantes entre si para os demais acessos estudados. Também foram verificados comportamentos semelhantes para as médias genotípicas dos acessos quando submetidos ao regime com limitação hídrica com 20% da ET_C .

Com relação aos acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos para o primeiro ciclo de cultivo, observou-se que as maiores médias genotípicas foram para os tratamentos com regimes de maior oferta de água às plantas durante este período, ou seja, para os regimes de simulação de chuva e 100% da ET_C . Sob limitação hídrica com 20% da ET_C , os acessos tiveram suas médias genotípicas para esta variável fortemente reduzidas, mostrando assim a importância da água para a sobrevivência e desenvolvimento das plantas. Para o segundo ciclo de cultivo, destacaram-se os acessos BGMS102 e BGMS79 que, mesmo sem irrigação, conseguiram médias genotípicas maiores quando comparados em mesmo período de cultivo nas condições de 20% da ET_C .

Tabela 11. Médias genotípicas para massa seca das folhas (g) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	139,20	166,00	65,45
Engana Ladrão	158,16	131,09	82,86
BGMS115	199,02	238,26	-1,24
BGMS110	111,63	141,81	78,93
BGMS102	335,32	177,00	-20,88
BGMS79	222,71	144,72	54,30

BGMS24	216,31	222,88	9,09
BGMS48	85,09	181,91	73,80
Segundo ciclo de cultivo			
	Regimes hídricos		
Acessos ⁽¹⁾	Simulação de chuva	100% ET _C	20% ET _C
	(sem irrigação)		
Gema de Ovo	12,20	126,67	31,29
Engana Ladrão	21,63	70,68	36,34
BGMS115	1,06	262,99	24,19
BGMS110	13,43	115,92	35,38
BGMS102	61,61	138,48	29,32
BGMS79	60,49	124,24	38,49
BGMS24	7,40	304,26	26,21
BGMS48	7,47	155,49	27,98

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Assim como observado para a massa fresca de folhas (Tabela 11), as maiores ofertas de água às plantas proporcionaram maiores médias genotípicas na variável massa seca das folhas para os acessos avaliados, reduzindo o seu potencial quando submetidos à limitação hídrica, considerando principalmente o primeiro e o segundo ciclos de cultivo para os regimes de simulação de chuva e de 20% da ET_C. Este comportamento pode ser atribuído ao nível de estresse hídrico que as plantas se encontram, podendo sofrer interferências negativas na turgescência celular presente nos tecidos das plantas, além de sofrerem alterações negativas nas relações espaciais em membranas e organelas através da redução do seu volume e, conseqüentemente, diminuir a pressão hidrostática dentro das células, ressaltando assim, a importância da água como agente limitante ao desenvolvimento e produção vegetal (SANTOS et al., 2012). Nesse sentido, segundo Teodoro et al. (2015), a análise de crescimento, por meio da quantificação da massa seca é uma importante ferramenta para entender o comportamento das diversas cultivares que existem atualmente, considerando que vários processos fisiológicos que afetam o desenvolvimento da planta estão relacionados com este parâmetro. Assim, torna-se fundamental que a produção e o desenvolvimento das plantas estejam sincronizados com o uso mais eficiente de água, caracterizando-se dessa forma, como base para o controle

genético para o maior alcance da produtividade com uma menor demanda hídrica para as culturas de potencial agrícola.

De acordo com Câmara et al. (2007), a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos é fundamental no melhoramento de plantas, uma vez que permite identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento para a obtenção de ganhos genéticos e manutenção de uma base genética adequada nas populações. Nesse sentido, a estimativa de componentes de variância genotípica, ambiental, fenotípica, herdabilidade genotípica total e média, acurácia, coeficiente de variação genotípica, coeficiente de variação ambiental, coeficiente de variação relativa e média geral encontram-se na tabela 12. Analisando-se os resultados obtidos para o primeiro e segundo ciclos de cultivo, é possível constatar os baixos rendimentos expressos sobre o coeficiente de variação genotípica (CVg) para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule e, principalmente, para o comprimento do limbo foliar. De forma geral e, considerando as demais variáveis, o CVg mostrou a existência de alta variabilidade genotípica entre os acessos estudados, cujos valores variaram de 11,26% a 56,74% para as variáveis comprimento do limbo foliar e número de folhas, respectivamente, para o primeiro ciclo de cultivo e de 1,38% a 39,20% para comprimento do limbo foliar e massa seca das folhas, respectivamente, quando submetidos ao segundo ciclo. Ainda, com relação às estimativas para o CVg, é possível notar maiores valores para o primeiro ciclo de cultivo, sendo essa variabilidade genética considerada como pré-requisito utilizado para a seleção desses materiais envolvendo os dois ciclos de cultivo.

Para o coeficiente de variação ambiental (CVe), também foram observadas menores variações para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, comprimento e largura do limbo foliar (11,73%, 15,73%, 9,48% e 14,57% para o primeiro ciclo e 15,53%, 13,29%, 9,85% e 13,00% para o segundo ciclo de cultivo, para cada variável respectivamente). Verificou-se que, para comprimento do limbo foliar e número de folhas, o CVe apresentou variações de 9,48% a 24,12% para o primeiro ciclo de cultivo; já para o segundo período, variações para esse coeficiente foram observadas também para o comprimento do limbo foliar, além para a massa seca das folhas (Tabela 12). Analisando-se de forma geral e para o primeiro ciclo de cultivo, as estimativas para CVe foram inferiores aos valores apresentados para CVg para todas as variáveis analisadas, exceto para diâmetro do caule, enquanto que, para o segundo ciclo, este fato ocorreu apenas para a variável largura do limbo foliar. O coeficiente de variação relativa (CVR),

mostrou-se menor que um apenas para a variável diâmetro de caule, sugerindo condição de seleção desfavorável para essa característica diante da imposição dos regimes hídricos estudados e para o primeiro ciclo de cultivo. Esta situação pode também ser observada para todas as variáveis no segundo ciclo de cultivo, com exceção para a variável largura do limbo foliar. Diante disso, variáveis analisadas em condições de estresse hídrico cujas variações do CVr apresentem-se maiores do que as demais, pode sugerir que a variação ambiental entre os genótipos possa ser menor do que a variação genética.

Com relação para a estimativa da variância genotípica (σ^2_g) para o primeiro ciclo de cultivo, verificou-se que as estimativas envolvendo todas as variáveis analisadas foram maiores, exceto para diâmetro do caule, comprimento e largura do limbo foliar. Para o segundo ciclo, as maiores estimativas foram impressas para as variáveis altura de planta, massa fresca e seca das folhas. Nesse contexto, as maiores estimativas para σ^2_g no primeiro ciclo de cultivo podem ser atribuídas aos diferentes genótipos estudados cujo nível de sensibilidade ao estresse hídrico é maior e, sob limitação hídrica como sugerida principalmente para o segundo ciclo de cultivo, os acessos reduziram o seu rendimento de crescimento e desenvolvimento, além de diminuir consequentemente a variabilidade genética envolvendo essas variáveis (OLIVEIRA et al., 2015).

Para os resultados obtidos para o coeficiente de herdabilidade genotípica total (h^2_g), foi verificado valores considerados como baixos ou médios para o segundo ciclo e de médio a alto para o primeiro ciclo de cultivo (Tabela 12). Ainda nesse sentido, maiores valores para a estimativa da herdabilidade média (h^2_m) foram verificados para a maioria das variáveis para as condições do primeiro ciclo de cultivo, exceto para altura de planta e largura do limbo foliar que se mostrou com comportamento semelhante, independentemente do ciclo; já para o segundo ciclo, a h^2_m mostrou variação para número de folhas (0,02) e largura do limbo foliar (0,75). Considerando as estimativas obtidas para h^2_g e h^2_m , nota-se que a maior disponibilidade hídrica ofertada no primeiro ciclo de cultivo promoveu maior evidência para estes coeficientes referente a este período. Estudando a tolerância de genótipos de mandioca, Oliveira et al. (2015) também verificaram esse comportamento para a maioria das características avaliadas, mostrando que as estimativas para h^2_g e h^2_m foram melhoradas sob irrigação normal e reduzidas para o déficit hídrico. Essa variação de valores para os coeficientes de herdabilidade podem ser atribuídos aos três regimes hídricos em que os acessos foram avaliados e à grande variabilidade genética que o gênero possui. Segundo Câmara et al. (2007), estimativas de herdabilidade de alta magnitude podem ser indicativas que: a) um pequeno número de genes controla o caráter

(complexidade biológica); b) pouco da variação do caráter é devido ao ambiente ou erro experimental e/ou; c) as diferenças relativas entre valores genotípicos são pouco influenciadas pelo ambiente (interação genótipos x ambiente é pouco expressiva).

Tabela 12. Estimativas de componentes de variância, herdabilidade, precisão e coeficientes de variância para altura de plantas (ALT, em “cm”), diâmetro do caule (DC, em “mm”), número de folhas (NF), comprimento do limbo foliar (COMP, em “cm”), largura do limbo foliar (LLF, em “cm”), massa fresca das folhas (MFF, em “g”) e massa seca das folhas (MSF, em “g”) em acessos do gênero *Manihot* submetidos diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo							
Parâmetros	ALT	DC	NF	COMP	LLF	MFF	MSF
σ^2_g	175,44	6,72	1758,23	2,60	1,40	20735,88	4457,49
σ^2_e	108,72	7,78	314,09	1,52	0,37	57,13	652,57
σ^2_f	711,28	26,94	3258,94	6,38	2,02	146,08	9484,09
h^2_g	0,25 ± 0,17	0,25 ± 0,17	0,54 ± 0,25	0,41 ± 0,21	0,69 ± 0,28	0,24 ± 0,16	0,47 ± 0,23
h^2_m	0,50	0,50	0,78	0,67	0,87	0,49	0,73
Ac	0,71	0,71	0,88	0,82	0,93	0,7	0,85
CVg (%)	14,81	14,16	56,74	11,26	23,71	39,52	49,86
CVe (%)	11,73	15,73	24,12	9,48	14,57	22,22	19,33
CVr	1,26	0,90	2,35	1,19	1,63	1,78	2,58
X _f	89,45	18,31	73,90	14,32	4,99	364,39	133,89
Segundo ciclo de cultivo							
σ^2_g	98,46	1,19	9,40	0,04	0,71	14229,84	1275,89
σ^2_e	128,63	3,31	294,26	1,59	0,33	22113,61	1595,72
σ^2_f	481,42	7,79	1170,83	3,43	1,37	96934,40	7239,28

h^2_g	$0,20 \pm 0,15$	$0,15 \pm 0,13$	$0,01 \pm 0,03$	$0,01 \pm 0,04$	$0,52 \pm 0,26$	$0,15 \pm 0,14$	$0,18 \pm 0,15$
h^2_m	0,43	0,35	0,02	0,03	0,75	0,32	0,38
Ac	0,66	0,59	0,14	0,17	0,87	0,57	0,62
CVg (%)	11,32	7,67	5,36	1,38	18,10	33,13	39,20
CVe (%)	15,53	13,29	32,39	9,85	13,00	58,79	60,95
CVr	0,73	0,58	0,09	0,14	1,39	0,56	0,64
X_f	87,64	14,20	57,18	9,85	4,66	360,06	91,11

⁽¹⁾ σ^2_g , variância genotípica; σ^2_e , variância ambiental; σ^2_f , variância fenotípica; h^2_g , herdabilidade genotípica total; h^2_m , herdabilidade média; Ac, acurácia; CVg (%), coeficiente de variação genotípica; CVe, coeficiente de variação ambiental; (%), CVr, coeficiente de variação relativa; X_f , média geral.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As maiores médias genóticas foram expressas pelos acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 para grande parte das variáveis analisadas neste trabalho, independentemente do ciclo de cultivo.

O tratamento com simulação de chuva para o primeiro ciclo de cultivo (322,29 mm) proporcionou desenvolvimento das plantas semelhante quando comparado ao tratamento com 100% da ET_C (755,64 mm).

Considerando isoladamente os genótipos e, independentemente do ciclo de cultivo, os caracteres número de folhas, comprimento e largura do limbo foliar e massa seca das folhas são indicados para o estudo de seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico.

Os caracteres referentes à altura de plantas, diâmetro do caule e massa fresca foliar não foram capazes de discriminarem os genótipos do gênero *Manihot* em tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, F. H. H.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; CARNEIRO, M. S. S.; FEITOSA, J. V. Composição química e digestibilidade da pornunça sob duas fontes de adubação orgânica e cortes. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 215 – 222, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (**FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56**).
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas, BA: **EMBRAPA**, Cap.7, p.138-169, 2006.
- AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p.1637-1644, 2007.
- ANJUM, S. A.; XIE, X.; WANG, L. C.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Lesotho, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.
- ARAÚJO FILHO, J. T.; PAES, R. A.; AMORIM, P. L.; COMASSETTO, F. F.; SILVA, S. C. Características morfológicas e produtivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.14, p.609-623, 2013.
- ARRUDA, I. M.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
- BALDO, R.; SCALON, S. P. Q.; ROSA, Y. B. C. J.; MUSSURY, R. M.; BETONI, R.; BARRETO, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar delta opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1804-1812, 2009.
- BERGANTIN, R.V.; YAMAUCHI, A.; PARDALES, J.R.; BOLATELE, D.M. Screening cassava genotypes for resistance to water deficit during crop establishment. **Philippine J. Crop Sci.**, 29:29-39, 2004.

BERNIER, J.; ATLIN, G.; SERRAJ, R.; KUMAR, A.; SPANER, D. Breeding upland rice for drought resistance. **Jornal of the Science of Food na Agriculture**, Oxford, v. 88, n. 6, p. 927-939, 2008.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, v.66, n.4, p.595-603, 2007.

CAYÓN, M. G.; EL-SHARKAWY, M. A.; CADAVID, L. F. Leaf gas exchange of cassava as affected by quality of planting material and water stress. **Photosynthetica**, v.34, p.409-418, 1997.

CERQUEIRA, Y. M. Efeito da deficiência de água na anatomia foliar de cultivares de mandioca *Manihot esculenta* Crantz. I-Densidade estomática. **Sitientibus** 10: 103-115, 1992.

DELLAI, J.; TRENTIN, G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1269-1274, 2005.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. de P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Ciências Agrárias**, v.33, p.2657-2668, 2012.

ELLIOTT, J.; GLOTTER, M.; RUANE, A. C.; BOOTE, K. J.; HATFIELD, J. L.; JONES, J. W.; ROSENZWEIG, C.; SMITH, L. A.; FOSTER, I. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. **Agricultural Systems**, v.159, p.275–281, 2018.

EL-SHARKAWY, M. A. Drought-tolerant cassava for Africa, Asia and Latin America: breeding projects work to stabilize productivity without increasing pressures on limited natural resources. **BioScience**, v.43, p.441-451, 1993.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A.; ARAÚJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.10, n.1, p.129-136, 2009.

- FIUZA, D. S. **Identificação e características agronômicas e fisiológicas relacionadas com tolerância à seca em mandioca**. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010. 61p (Dissertação de Mestrado).
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: (propagação sexuada)**. 3 ed. Viçosa: UFV-Universidade Federal de Viçosa, 116p. 2004.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold. 1990. 652p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, v.17, p.678-684, 1974.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- MANSFIELD, T.A.; DAVIES, W.J. Mechanisms for leaf control of gas exchange. **BioScience**, Washington, v.35, n.3, p.158-164, 1985.
- MANSOUR, E.; HAMID, M. I. A.; YASIN, M. T.; QABIL, N.; ATTIA, A. Identifying drought-tolerant genotypes of barley and their responses to various irrigation levels in a Mediterranean environment. **Agricultural Water Management**, v.194, p.58–67, 2017.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MATOS, F. S.; FELICIO, R.; SILVEIRA, P. S.; GUIMARÃES, R. R.; SANTOS, P. G. F.; NASCENTE, A. C. S.; CUSTÓDIO, J. P. C.; SILVA, L. M. Produtividade de cultivares de mandioca sob déficit hídrico. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 2, n. 1, p. 17-24, 2016.
- MEDINA, F. T.; CÂNDIDO, M. J. D.; ARAÚJO, G. G. L.; BARROSO, D. D.; CRUZ, M. C. S. Silagem de maniçoba associada a fontes energéticas na alimentação de caprinos: consumo e digestibilidade de caprinos: consumo e digestibilidade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 151-154, 2009.
- MERWAD, A. R. M. A.; DESOKY, E. S. M.; RADY, M. M. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v.228, p.132–144, 2018.

MORAES, L.; SANTOS, R. K.; WISSER, T. Z.; KRUPEK, R. A. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 381-387, 2013.

MORGAN, N. K.; CHOCT, M. Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. **Animal Nutrition**, v.2, p.253-261, 2016.

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, p.853-860, 2011.

NASSAR, N. M. A.; GRACIANO-RIBEIRO, D.; FERNANDES, S. D. C.; ARAUJO, P. C. Anatomical alterations due to polyploidy in cassava, *Manihot esculenta* Crantz. **Genetic and Molecular Research**, v. 07, n. 02, p. 276-283, 2007.

NUNES IRMÃO, J.; FIGUEIREDO, M. P.; PEREIRA, L. G. R.; FERREIRA, J. Q.; RECH, J. L.; OLIVEIRA, B. M. Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 1, p.158-169, 2008.

OKOGBENIN, E.; SETTER, T. L.; FERGUSON, M.; MUTEGI, R.; CEBALLOS, H.; OLASANMI, B.; FREGENE, M. Phenotypic approaches to drought in cassava: review. **Frontiers Physiology**, v.4, p.1-15, 2013.

OLIVEIRA, E. J.; AIDAR, S. T.; MORGANTE, C. V.; CHAVES, A. R. M.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A. Genetic parameters for drought-tolerance in cassava. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.50, p.233-241, 2015.

OLIVEIRA, J. H. G.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *Manihot caerulescens* Phol. e *Manihot tripartita* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 01, p. 117-119, 2009.

PEZZOPANE, C. G.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; ALTOÉ, J.; RIBEIRO, F. A.; VALLE, C. B. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v.45, p.871-876, 2015.

PINHEIRO, D. G.; STRECK N. A.; RICHTER G. L.; LANGNER J. A.; WINCK J. E. M.; UHLMANN L. O.; ZANON A. J. Limite crítico no solo para transpiração e

crescimento foliar em mandioca em dois períodos com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.38, p.1740-1749, 2014.

PUTPEERAWIT, P.; SOJIKUL, P.; THITAMADEE, S.; NARANGAJAVANA, J. Genome-wide analysis of aquaporin gene family and their responses to water-deficit stress conditions in cassava. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.121, p.118–127, 2017.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D. **The container tree nursery manual**. USDA, v.7, p.17-80, 2008. (Agricultural Handbook, 674).

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.8, p.836–842, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SAS INSTITUTE. SAS 9.2 enhanced logging facilities. SAS Institute, Cary, NC, 2008.

SEIXAS, A. A.; GOMES, V. M.; SERAFIM, V. F.; VIANA, W. A. **Déficit hídrico em plantas forrageiras - revisão de literatura**. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, 2015.

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **C. R. Biologies**, v.331, p.215–225, 2008.

STRECK, N.A. et al. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.3, p.423-429, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. Acumulação de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 161-170, 2015.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.; DRISCOLL, S. P.; LAWLOR, D. W. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.375, p.1781-1791, 2002.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHLIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUINDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v.25, n.3, p.135-144, 2012.

ZHANG, J.; MU, Q.; HUANG, J. Assessing the remotely sensed Drought Severity Index for agricultural drought monitoring and impact analysis in North China. **Ecological Indicators**, v.63, p.296–309, 2016.

ZHAO, H.; XU, Z.; ZHAO, J.; HUANG, W. A drought rarity and evapotranspiration-based index as a suitable agricultural drought indicator. **Ecological Indicators**, v.82, p.530–538, 2017.

CAPÍTULO 2 – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DE ACESSOS DO GÊNERO *Manihot* SUBMETIDOS À DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi selecionar os acessos do gênero *Manihot* mais tolerantes às limitações hídricas de cultivo com base em parâmetros fisiológicos das plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas três condições de regimes hídricos (simulação da chuva, com base na normal climatológica para a região [322,29 mm; 46,22 mm]; reposição de 100% da evapotranspiração da cultura [755,64 mm; 593,56mm]; e reposição de 20% da evapotranspiração da cultura [151,13 mm; 118,71 mm]) e nas subparcelas, oito acessos de espécies do gênero *Manihot* (gema de ovo e engana ladrão da espécie *M. esculenta* e BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; e BGMS48 acessos de *Manihot* sp.). Para o primeiro (120 dias) e o segundo ciclo (60 dias) após a aplicação dos tratamentos às plantas, foram selecionadas folhas fisiologicamente maduras e avaliaram-se a fotossíntese, condutância estomática, transpiração foliar e temperatura média foliar além dos teores de clorofila nas folhas. Os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 apresentaram destaque para as suas maiores médias genotípicas englobando a grande parte das variáveis fisiológicas. Dentre os parâmetros fisiológicos estudados para a seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico apenas os teores de clorofilas *a* e *b* mostraram-se indicados para este fim (primeiro ciclo). Resultados para as estimativas de variância genética mostraram baixa variabilidade genotípica sobre as características fisiológica para os acessos avaliados. Os efeitos ambientais se sobressaíram em relação aos efeitos genéticos para a maioria das características fisiológicas estudadas sob os regimes hídricos adotados. Os acessos BGMS115, BGMS102 e BGMS24 se mostraram mais tolerantes ao estresse hídrico, levando-se em consideração as suas características fisiológicas.

Palavras-chave: déficit hídrico, plantas forrageiras, fotossíntese.

PHYSIOLOGICAL CHANGES IN GENDER ACCESS *Manihot* SUBMITTED TO DIFFERENT WATER SYSTEMS

ABSTRACT

The objective of this work was to select the accesses of the genus *Manihot* more tolerant to the limitations of the water culture based on physiological parameters of the plants. The experimental design was a randomized complete block design with split plots, the plots being three conditions of water regimes (rain simulation, based on climatological normal for the region [322.29 mm, 46.22 mm], replacement of 100 % of the crop evapotranspiration [755.64 mm, 593.56mm], and 20% of crop evapotranspiration [151.13 mm, 118.71 mm]) and in the subplots, eight accessions of species of the genus *Manihot* of egg and tricks thief of the species *M. esculenta* and BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; and BGMS48 accesses of *Manihot* sp.). For the first (120 days) and the second cycle (60 days) after the application of the treatments to the plants, physiologically mature leaves were selected and photosynthesis, stomatal conductance, leaf transpiration and average leaf temperature were evaluated in addition to the chlorophyll content sheets. The accesses BGMS115, BGMS102, BGMS79 and BGMS24 were highlighted for their higher genotypic means, encompassing a large part of the physiological variables. Among the physiological parameters studied for the selection of materials tolerant to water deficit, only chlorophyll a and b levels were indicated for this purpose (first cycle). Results for estimates of genetic variance showed low genotypic variability on the physiological characteristics for the accesses evaluated. The environmental effects were highlighted in relation to the genetic effects for most of the physiological characteristics studied under the water regimes adopted. Accessions BGMS115, BGMS102 and BGMS24 were shown to be more tolerant to water stress, taking into account their physiological characteristics.

Key words: water deficit, forage plants, photosynthesis.

1. INTRODUÇÃO

Eventos climáticos severos como a seca tem sido fonte de preocupação para o setor agrícola, principalmente pelo aumento de ocorrências e intensificações em diversas partes do mundo (DARYANTO et al., 2017). Altas temperaturas, precipitações irregulares, práticas e manejo deficiente da água para a irrigação são algumas das diversas variáveis que potencializam os efeitos da seca sob as culturas de uso agrícola (WANI et al., 2017). A seca tem sido considerada como desastre natural insidioso, lento e multidimensional que resulta em altos custos para os sistemas agrícolas, principalmente pelo baixo potencial produtivo das culturas sob estresse hídrico e a maior aquisição de alimento para os animais (LAWES; KINGWELL, 2012; LEI et al., 2016; KESHAVARZ et al., 2017).

Plantas sob estresse hídrico tem o seu rendimento reduzido negativamente em mais de 50%, além da falta de água limitar parâmetros relacionados à fotossíntese, crescimento vegetal e poder provocar até a sua morte (GONZÁLEZ-VILLAGRA et al., 2018). Segundo Zargar et al. (2017), em resposta ao estresse hídrico, as plantas sofrem várias mudanças em níveis fisiológicos, bioquímicos e moleculares que, por sua vez, afetam os processos de fotossíntese, respiração, translocação de íons e nutrientes e atividades dos reguladores de crescimento vegetal. Sob deficiência hídrica, o sistema fotossintético das plantas é um dos primeiros a serem afetados, principalmente pelo rápido fechamento dos estômatos que diminui a condutância estomática afim de prevenir a perda de água durante o processo de transpiração (HONG-BO et al., 2008; MARIANO et al., 2009; PUTPEERAWIT et al., 2017). Para Li et al. (2017), a seca pode impedir a entrada de CO₂ nas folhas, influenciar a absorção de CO₂ pelo centro de carboxilação e resultar na diminuição da taxa fotossintética líquida (P_n).

De acordo com Mashilo et al. (2018), os genótipos de culturas tolerantes à seca têm variados mecanismos de adaptação, sobrevivência e respostas fisiológicas sob condição de estresse por seca. Diminuição das taxas de fotossíntese, eficiência de controle estomático e diminuição da absorção de CO₂ a nível celular estão dentre os principais mecanismos fisiológicos que as plantas dispõem como defesa ao estresse hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesse sentido, algumas espécies do gênero *Manihot* se destacam para tolerar ambientes com limitações hídricas devido ao eficiente controle estomático que estas plantas possuem, dispondo de mecanismos que fecham rapidamente seus estômatos

nos períodos de maior risco à planta, transpirando e fotossintetizando em períodos mais amenos durante o decorrer do dia (EL-SHARKAWY, 2004).

Diversos parâmetros fisiológicos das plantas têm sido estudados afim de esclarecer o comportamento e a tolerância dos vegetais sob o déficit hídrico, com destaque para o potencial hídrico foliar, potencial osmótico e conteúdo relativo de água, além da temperatura da folha, condutância estomática e transpiração (RIBEIRO et al., 2012). Entretanto, ainda de acordo com estes autores, trabalhos envolvendo plantas do gênero *Manihot* ainda são escassos e destacam que seus genótipos podem apresentar diferenças quanto à capacidade de tolerar ao déficit hídrico. Assim, o objetivo deste trabalho foi selecionar os acessos do gênero *Manihot* mais tolerantes às limitações hídricas de cultivo com base em parâmetros fisiológicos das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Campo Experimental da Caatinga (CEC), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Semiárido, em Petrolina – PE, com as coordenadas 09°03'25" de latitude Sul, 40°28'95" de longitude Oeste e 395 m de altitude, e tem clima classificado, segundo Köppen, como BSw^h, semiárido, com temperaturas médias elevadas.

O solo da área experimental foi coletado em duas profundidades. A camada de 0 a 20 cm apresentou as seguintes características: densidade do solo = 1,31 kg dm⁻³; densidade das partículas = 2,52 kg dm⁻³; porosidade total = 47,88%; areia = 755,1 g kg⁻¹; silte = 155,8 g kg⁻¹; argila = 89,1 g kg⁻¹; C.E. = 2,08 mS cm⁻¹; pH = 5,5; C = 4,8 g kg⁻¹; P = 4,32 mg dm⁻³; K = 0,31 cmol_c dm⁻³; Na = 0,02 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,00 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,00 cmol_c dm⁻³; Al = 0,00 cmol_c dm⁻³ e; H+Al = 1,20 cmol_c dm⁻³. Para a camada de 20 a 40 cm, os valores encontrados foram: densidade do solo = 1,28 kg dm⁻³; densidade das partículas = 2,58 kg dm⁻³; porosidade total = 50,28%; areia = 772,3 g kg⁻¹; silte = 115,3 g kg⁻¹; argila = 112,5 g kg⁻¹; C.E. = 1,47 mS cm⁻¹; pH = 5,1; C = 2,6 g kg⁻¹; P = 2,16 mg dm⁻³; K = 0,22 cmol_c dm⁻³; Na = 0,03 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,00 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,95 cmol_c dm⁻³; Al = 0,05 cmol_c dm⁻³ e; H+Al = 1,70 cmol_c dm⁻³.

O preparo inicial do solo da área experimental foi realizado pelo uso de uma aração e duas gradagens niveladoras, não levando em consideração correção química antes do estabelecimento do estudo, caracterizando-se como prática comumente adotada pelos agricultores regionais.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, num esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas três condições de regimes hídricos (simulação da chuva com uso das séries históricas dos últimos 30 anos da região, no qual foram dispostos microaspersores nas parcelas experimentais para simulação da quantidade de água precipitada no período chuvoso de quatro meses [322,29 mm; 46,22 mm]; reposição de 100% da evapotranspiração da cultura [755,64 mm; 593,56 mm]; e um déficit hídrico com reposição de apenas 20% da evapotranspiração da cultura [151,13 mm; 118,71 mm], sendo estes dois últimos irrigados por gotejamento) e nas subparcelas, oito acessos de espécies do gênero *Manihot* (gema de ovo e engana ladrão da espécie *M. esculenta* e BGMS115; BGMS110; BGMS102; BGMS79; BGMS24; e BGMS48 acessos de *Manihot* sp.). A área total ocupada pelo experimento foi de 918 m² (51 x 18 m), sendo as parcelas com área de 60 m² (15 x 4 m), e, as subparcelas com 6 m² (1,5 x 4 m). Para a instalação

do sistema de gotejamento foi utilizada fitas gotejadoras de polietileno flexível com diâmetro nominal de 16 mm, vazão de 2,1 L h⁻¹ e espaçamento entre os emissores de 0,50 m. Já para o sistema de microaspersão, foram considerados 6 emissores por parcela, com vazão de 45 L h⁻¹ e espaçados a 2,5 m entre si.

Os acessos foram coletados na Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* pertencente à Embrapa Semiárido, onde realizou-se a retirada de ramos do terço médio de plantas saudas, seccionados em manivas (0,20 m) e plantadas em saquinhos plásticos de polietileno com capacidade de 1 kg de substrato para a obtenção de mudas uniformes. Para o preparo do substrato utilizado na confecção das mudas utilizou-se solo, areia lavada e esterco caprino curtido na proporção correspondente a 2:1:1. As mudas foram identificadas e armazenadas em viveiro por um período de dois meses onde, após este período, foram levadas ao local definitivo de cultivo dispostas com espaçamentos de 1,5 m entre linhas por 1,0 m entre plantas. Para o transplântio das mudas, as covas foram abertas com auxílio de enxadas ou cavadores onde cada uma recebeu 2 L de esterco caprino curtido, repetindo esta dosagem como cobertura aos 120 dias após o transplântio (segundo ciclo).

Para o manejo da irrigação considerou-se duas formas distintas para dois ciclos de cultivo, sendo uma aplicando-se as lâminas como simulação da precipitação para a região, com base na normal climatológica (Tabela 13), e a outra irrigando-se com base na evapotranspiração da cultura (ET_C), a qual, conforme proposto por Allen et al. (1998), utilizou-se a evapotranspiração de referência (ET₀) obtida de uma estação meteorológica instalada próximo ao local do experimento e o coeficiente de cultura (K_C), iguais a 0,3 (fase inicial), 1,10 (fase de crescimento) e 0,50 (fase final) e corrigida em função do coeficiente de localização (K_L) proposto por Keller e Bliesner (1990). Realizou-se o monitoramento da umidade do solo com o auxílio de sondas do equipamento TDR 100 (Campbell) à profundidade do solo de 0 a 20 cm, apresentando valores constantes em torno de 20% de umidade ao decorrer do experimento para as parcelas irrigadas com 100% da evapotranspiração da cultura (755,64 mm – primeiro ciclo; 593,56 mm – segundo ciclo) e independentemente do ciclo de cultivo; para as parcelas com 20% da evapotranspiração (151,13 mm – primeiro ciclo; 118,71 mm – segundo ciclo), a umidade apresentou valores próximos a 4%. Ao final do primeiro ciclo de cultivo foi realizado o corte das plantas úteis (0,20 m da superfície do solo) de todas as parcelas. Para as lâminas com simulação de chuva, foi aplicado duas lâminas de irrigação (Tabela 13) para o

estabelecimento após o corte e suas irrigações subsequentes foram suspensas, caracterizando-se como condições de sequeiro para o segundo ciclo de cultivo.

Tabela 13. Precipitações médias proveniente dos dados da normal climatológica do campo experimental em estudo, ocorridas no período de 1984 a 2014 ⁽¹⁾.

Ciclos de cultivo	Meses	Semana	Precipitação (mm)	Total (mm)
I	Janeiro	1	10,45	322,29
		2	19,61	
		3	18,33	
		4	33,03	
	Fevereiro	1	14,27	
		2	16,46	
		3	22,12	
		4	22,11	
	Março	1	22,42	
		2	28,75	
		3	24,05	
		4	33,95	
	Abril	1	15,50	
		2	28,11	
		3	5,21	
		4	7,92	
II	Maio	1	14,00	
		2	32,22	

⁽¹⁾Estação meteorológica do Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido – PE.

Para o primeiro (120 dias) e o segundo ciclo (60 dias) após a aplicação dos tratamentos às plantas, foram selecionadas folhas fisiologicamente maduras e avaliaram-se a fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração foliar (Tr) e temperatura média foliar (Tf) por meio de um analisador de gás ao infravermelho (IRGA, LI-6400XT), utilizando-se radiação de $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Também foram avaliados os teores de clorofila nas folhas determinado pela utilização do ClorofiLOG 1030 (FALKER

AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008). As leituras foram realizadas em dias sem nebulosidade, para evitar instabilidades causadas por variações rápidas da radiação solar, nos horários de 9 às 12 h. Durante o ciclo de cultivo, os dados climáticos constatados em uma estação meteorológica instalada próxima ao local, demonstraram valores médios de 26,80°C para temperatura, 56,41% para umidade relativa do ar, 20,47 MJ para radiação global, 1,49 m s⁻¹ para velocidade do vento e 5,78 mm para a evapotranspiração de referência (ET₀).

Para cada ciclo de cultivo utilizou-se a análise de variância/deviance no Proc Mixed do SAS 9.2 (SAS Institute, 2008) em um modelo de parcela subdividida, considerando os efeitos do regime de disposição hídrica como fixo e os acessos como aleatórios. Foram estimadas as médias genotípicas de cada acesso para cada regime hídrico em cada ciclo de cultivo. Foram estimadas também componentes de variância pelo método REML e a herdabilidade e acurácia conforme Resende (2002). Para tanto, utilizou-se o software Selegen (Resende, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a maioria das variáveis fisiológicas demonstraram interação significativa entre os acessos e os tipos de regimes hídricos adotados, com exceção para as variáveis clorofilas *a* e *b* (primeiro ciclo de cultivo) e para a clorofila *b* (segundo ciclo) (Tabela 14), indicando a existência de variabilidade para a resistência aos níveis de regimes hídricos aplicados entre os genótipos estudados. Para o primeiro ciclo de cultivo, a análise de variância/deviance apresentou efeito significativo de genótipos apenas para as variáveis clorofila *a* e *b*, não sendo relevante para as demais variáveis fisiológicas analisadas neste período. Comportamento semelhante a este também foi verificado para o segundo ciclo de cultivo onde os resultados obtidos pela análise de variância/deviance não apresentou efeito significativo de genótipos para todas as variáveis estudadas.

Tabela 14. Estimativas da análise de variância/deviance para as variáveis fisiológicas⁽¹⁾ em acessos do gênero *Manihot* submetidos à diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.

Caracteres	Primeiro ciclo de cultivo				
	Deviance			LRT (Gen)	LRT (GxA)
	Modelo completo	Genótipo	Interação GxA		
A	217.49	217.48	246.2	-0.01 ^{ns}	28.71**
g _s	-292.05	-292.06	-265.31	-0.01 ^{ns}	26.74**
Tr	67.36	67.36	94.83	0,00 ^{ns}	27.47**
Tf	-42.34	-42.34	-24.92	0,00 ^{ns}	17.42**
Chl <i>a</i>	230.54	247.12	230.54	16.58**	0,00 ^{ns}
Chl <i>b</i>	227.56	245.51	227.59	17.95**	0.03 ^{ns}
Segundo ciclo de cultivo					
A	150.09	150.12	209.34	0.03 ^{ns}	59.25**
g _s	-282.89	-282.87	-254.11	0.02 ^{ns}	28.78**
Tr	16.69	16.79	57.63	0.10 ^{ns}	40.94**
Tf	-59.02	-59.02	-37.69	0.00 ^{ns}	21.33**
Chl <i>a</i>	166.71	170.27	179.09	3.56 ^{ns}	12.38**
Chl <i>b</i>	141.87	142.76	144.89	0.89 ^{ns}	3.02 ^{ns}

⁽¹⁾A = fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); g_s = condutância estomática ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$); Tr = transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$); Tf = temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); Chl *a* = clorofila *a* ($\mu\text{mol m}^{-2}$); Chl *b* = clorofila *b* ($\mu\text{mol m}^{-2}$).

Diante dos resultados obtidos, é possível destacar a diversidade de resposta ao estresse hídrico que os genótipos apresentaram em nosso estudo, principalmente para as variáveis de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e temperatura foliar. Nesse sentido, as várias formas que a planta possui como resposta ao déficit hídrico têm fundamental importância para auxiliar na seleção de materiais com boa qualidade a serem utilizados em programas de melhoramento genético (NOGUEIRA, 2001). Para os resultados obtidos para as clorofilas, o fato de não se observar significância da interação entre o ambiente (regimes hídricos) e acessos pode estar associado à sua degradação decorrida pela combinação ou atuação isolada de fatores externos como o excesso de luminosidade, alterações térmicas, aumento dos níveis de etileno e/ou principalmente, pelo estresse hídrico (STREIT et al., 2005).

Para os resultados obtidos para a fotossíntese referente ao primeiro ciclo de cultivo, pôde-se notar que os acessos BGMS115, BGMS102, Gema de Ovo e BGMS24 se destacaram com as maiores médias genotípicas do que os demais quando submetido ao regime hídrico baseado na simulação de chuva (Tabela 15). Maiores valores para a média genotípica relacionada à fotossíntese também foram verificados para os acessos BGMS110 e BGMS79 em 100% da ET_C . Já para o regime com limitação hídrica (20% da ET_C), com destaque em suas médias foram BGMS110, BGMS48, BGMS79 e Gema de Ovo.

Com relação ao segundo ciclo de cultivo, as maiores médias genotípicas para cada regime hídrico foram obtidas pelos acessos BGMS115, BGMS102 e BGMS24 em simulação de chuva, BGMS48, BGMS79 e BGMS24 com 100% da ET_C e pelos acessos BGMS110, BGMS48 e BGMS102 quando submetidos a 20% da ET_C .

Avaliando-se os acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos no primeiro ciclo de cultivo, verificou-se no geral, comportamento semelhante das médias genotípicas para a variável fotossíntese neste período, com destaque para os acessos BGMS110 e BGMS48 que apresentaram maiores rendimentos genéticos na condição hídrica de 20% da ET_C . Para o segundo ciclo de cultivo, as maiores médias genotípicas foram observadas para todos os acessos com a presença de irrigação, ou seja, para os regimes com 100% e

20% da ET_C , apresentando diminuição do rendimento genético para a fotossíntese quando submetido ao estresse hídrico neste período pelo tratamento de simulação de chuva.

Tabela 15. Médias genotípicas para fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	26,95	24,86	22,00
Engana Ladrão	25,41	26,82	20,38
BGMS115	30,40	25,90	19,47
BGMS110	23,01	30,01	27,82
BGMS102	28,10	26,08	19,39
BGMS79	25,54	29,26	22,83
BGMS24	26,31	24,02	21,19
BGMS48	23,93	22,64	24,92
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	0,77	26,83	28,87
Engana Ladrão	0,77	30,35	25,65
BGMS115	14,96	31,99	23,77
BGMS110	0,23	31,16	33,56
BGMS102	14,05	34,29	31,16
BGMS79	4,73	35,68	26,66
BGMS24	10,44	35,11	25,03
BGMS48	0,00	37,06	31,63

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Trabalhos realizados com algumas plantas superiores mostram que a capacidade da realização da fotossíntese vegetal pode sofrer limitações negativas em virtude da supressão hídrica, causando a desidratação do aparelho fotossintético, o fechamento dos

estômatos, além de provocar alterações nas atividades enzimáticas que compõem as fases bioquímicas da fotossíntese, do metabolismo do nitrogênio e dos carboidratos (LAWLOR; CORNIC, 2002; PALLESCHI et al., 1997). Nesse sentido, as reduções das médias genotípicas para a fotossíntese quando submetido ao déficit hídrico - principalmente para o regime com simulação de chuva no segundo ciclo de cultivo - podem estar relacionados a uma série de fatores, dos quais destacam-se à diminuição da pressão de turgor e a consequente inibição do crescimento celular, fechamento estomático e interferências negativas para a realização de trocas gasosas, além da redução de absorção de CO₂ e aos danos causados ao aparato fotossintético (ZARGAR et al., 2017). Ainda, como suposto por estes autores, os maiores valores para os acessos BGMS115, BGMS102 e BGMS24 nas condições de simulação de chuva para o segundo ciclo pode ser atribuído às mudanças em níveis anatômicos dos acessos, cujas variações podem influenciar nas atividades biológicas, bioquímicas e moleculares. Assim, a capacidade de absorver luz para a realização da fotossíntese está relacionada às propriedades anatômicas das folhas cujas diferenças genéticas entre as plantas podem influenciar no desempenho dessa atividade essencial às plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De forma geral, observou-se para a condutância estomática no primeiro ciclo que as médias genotípicas para os acessos submetidos a regimes de simulação de chuva foram bastante semelhantes entre os materiais vegetais utilizados, evidenciando a menor média para o acesso BGMS110 nesta condição hídrica e, sugerindo com esta redução, a presença de mecanismos de controle estomático para este acesso afim de possibilitar a menor perda de água entre os estômatos e a atmosfera. Médias semelhantes entre os acessos avaliados também foram verificadas para os regimes com 100% e 20% da ET_C (Tabela 16).

Para o segundo ciclo envolvendo esta variável, verificou-se que os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS24 e BGMS79 mantiveram o funcionamento de suas atividades mesmo na ausência de água em seu cultivo (simulação de chuva), apesar de apresentarem redução de médias quando comparada ao mesmo tratamento para o primeiro período de cultivo. Assim como verificado no primeiro ciclo, as médias genotípicas para os acessos submetidos às condições com 100% e 20% da ET_C apresentaram-se comportamento semelhante para cada regime, respectivamente.

Comparando os acessos para os diferentes regimes hídricos no primeiro ciclo, nota-se que a condutância estomática foi sensivelmente maior onde não houve limitação da disponibilidade hídrica para as plantas (simulação da chuva e 100% da ET_C), com exceção para o acesso BGMS110 que, dentre os três regimes hídricos, apresentou maior

média genotípica quando submetido ao regime com 20% da ET_C . Para o segundo ciclo de cultivo envolvendo esta variável, pode observar que a ausência de água imposta pelo tratamento com simulação de chuva prejudicou a capacidade de abertura e fechamento estomático de todos os acessos, apesar de serem observados rendimentos significativos dos acessos BGMS115, BGMS102, BGMS24 e BGMS79 nesta condição de estresse hídrico severo.

Tabela 16. Médias genotípicas para condutância estomática ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	0,50	0,31	0,24
Engana Ladrão	0,38	0,34	0,23
BGMS115	0,41	0,39	0,20
BGMS110	0,26	0,33	0,35
BGMS102	0,38	0,43	0,20
BGMS79	0,31	0,29	0,23
BGMS24	0,37	0,29	0,21
BGMS48	0,27	0,07	0,27
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	0,00	0,40	0,34
Engana Ladrão	0,00	0,43	0,28
BGMS115	0,12	0,50	0,23
BGMS110	0,00	0,50	0,48
BGMS102	0,11	0,48	0,38
BGMS79	0,03	0,50	0,30
BGMS24	0,07	0,46	0,28
BGMS48	0,00	0,52	0,35

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

A partir dos resultados observados para a condutância estomática nos acessos avaliados (Tabela 16), podemos comprovar que o fechamento dos estômatos é tido como um dos primeiros mecanismos fisiológicos das plantas à serem influenciados pela menor disponibilidade hídrica, tendo como objetivo de tal comportamento a promoção da maior turgescência celular através de ajustes em seu metabolismo, destacando o acúmulo de substâncias orgânicas – principalmente aminoácidos como a prolina –, contribuindo para a osmorregulação (ROYER, 2001; SILVA et al., 2004). Nesse sentido, as reduções da condutância estomática nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica podem ser atribuídas ao menor potencial hídrico foliar que, conseqüentemente, influenciaram no comportamento de abertura e fechamento estomático dos acessos avaliados, cujos baixos valores em condições de estresse revelam a presença de materiais vegetais altamente sensíveis às limitações de água para o cultivo. Segundo Alves (2006), consideráveis variações têm sido observadas na condutância foliar, e este parâmetro parece ser muito útil para pré-selecionar genótipos com adaptação a períodos de seca prolongado, o que pode ser evidenciado em nosso estudo para os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS24 e BGMS79 em condições de estresse hídrico severo quando submetido ao regime com simulação de chuva no segundo ciclo de cultivo (Tabela 16).

Referente aos resultados obtidos para a transpiração no primeiro ciclo de cultivo, pôde-se observar que os acessos se apresentaram basicamente com o mesmo comportamento verificado para a condutância estomática quando submetido ao regime de simulação de chuva, apresentando os acessos BGMS110 e BGMS48 com as menores médias genotípicas para esta condição (Tabela 17). Já para o regime hídrico com 100% da ET_C , BGMS79 e BGMS110 foram os que se destacaram, apresentando as maiores médias genotípicas para a transpiração em função da maior disponibilidade de água às plantas ofertada por este tratamento. Taxas de transpiração constantes também foram observadas na maioria das médias genotípicas dos acessos submetidos à 20% da ET_C , com exceção para o acesso BGMS110 cuja média genotípica destacou-se como a maior dentre todos os outros materiais vegetais avaliados.

Para o segundo ciclo de cultivo, os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS24 e BGMS79 apresentaram destaque para as suas médias genotípicas quando submetido a ausência de irrigação (Tabela 17), comportamento semelhante ao obtido para a

condutância estomática observado para o mesmo período de cultivo mencionado anteriormente. Com relação aos regimes hídricos com 100% e 20% da ET_C , os acessos se mostraram com médias relativamente semelhantes entre si para cada condição hídrica, indicando a maior atividade referente à transpiração nos tratamentos com irrigação ou mesmo quando a oferta de água às plantas possa limitada.

Quanto aos acessos submetidos aos regimes hídricos e, independente do ciclo de cultivo, observou-se que as maiores ofertas de água pelos regimes hídricos adotados neste trabalho promoveram maior atividade referente à transpiração das plantas, sendo essa atividade prejudicada pela limitação (20% da ET_C) ou pela ausência de irrigação (simulação de chuva, segundo ciclo de cultivo). Apesar disso, sob condição de 20% da ET_C , o acesso BGMS110 apresentou destaque pela maior média genotípica dentre os três regimes hídricos adotados neste trabalho referente ao primeiro ciclo de cultivo, indicando se tratar de um excelente material vegetal com alto potencial genético a ser sugerido em plantios onde a disponibilidade de água para a irrigação possa ser limitada.

Tabela 17. Médias genotípicas para transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	8,67	5,98	4,79
Engana Ladrão	7,07	6,40	4,98
BGMS115	7,54	6,49	4,20
BGMS110	5,38	7,06	6,55
BGMS102	7,10	6,20	4,29
BGMS79	6,12	7,49	4,85
BGMS24	6,82	5,74	4,46
BGMS48	5,54	5,36	5,08
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	0,04	8,77	7,89

Engana Ladrão	0,04	9,15	6,90
BGMS115	3,75	10,14	6,01
BGMS110	0,04	10,16	9,73
BGMS102	3,41	9,94	8,63
BGMS79	1,07	10,19	6,89
BGMS24	2,34	9,55	6,84
BGMS48	0,04	10,42	8,23

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Conforme relatado por Salisbury e Ross (1992), o aumento da oferta de água as plantas favorecem conseqüentemente às altas taxas de transpiração, confirmando o comportamento da maioria dos resultados obtidos neste estudo. Geralmente, plantas tolerantes ao déficit hídrico desenvolvem mecanismos referente à manutenção de processos metabólicos que possibilitam o maior controle do estado hídrico celular e, com isso, possam manter a pressão de turgor das folhas em condições de estresse; isso é possível graças ao fechamento parcial dos estômatos cujo procedimento implica na diminuição da transpiração e na perda de água para atmosfera, apesar desse processo reduzir a absorção de carbono (RYAN et al., 2016) e prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Esta situação pode ser atribuída aos acessos BGMS115, BGMS102, BGMS24 e BGMS79 que, apesar da evidente redução do processo de transpiração para o segundo ciclo de cultivo sob regime com simulação de chuva, manteve ativa as suas taxas transpiratórias. Segundo Trentin et al. (2011), a transpiração das plantas é um componente do balanço de energia que determina a temperatura foliar, de acordo com fatores anatômicos das folhas (dimensões, pigmentação e massa), fatores do ambiente (radiação solar, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar) e fatores biológicos que determinam o número e a distribuição dos estômatos.

Com relação aos resultados obtidos para temperatura foliar referente ao primeiro ciclo de cultivo, verificou-se variações de 27,95 °C para BGMS24 a 28,79 °C para BGMS110, sendo as médias genotípicas semelhantes para os demais acessos submetidos em regime hídrico com simulação de chuva. Semelhanças entre as médias genotípicas para a temperatura foliar neste período também foram verificados para os acessos avaliados sob os tratamentos com 100% e 20% da ET_C (Tabela 18). Já para o segundo ciclo de cultivo, os acessos BGMS79, BGMS24, BGMS102 e BGMS115 mostraram-se

como os materiais vegetais mais tolerantes quando submetido a ausência de irrigação (Tabela 18), cujo comportamento também foi verificado para as variáveis relacionadas à condutância estomática e transpiração.

Avaliando a temperatura foliar dos acessos para os diferentes regimes hídricos e independentemente do ciclo de cultivo, foi possível verificar que os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 comportaram-se de forma semelhante independente da oferta de água disponível. Pelos resultados obtidos envolvendo os três regimes hídricos, observa-se ainda que a menor oferta de água não influenciou o aumento da temperatura foliar para as médias genotípicas dos acessos avaliados.

Tabela 18. Médias genotípicas para temperatura foliar (°C) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	28,02	28,18	28,54
Engana Ladrão	28,12	27,92	28,94
BGMS115	27,98	27,86	28,88
BGMS110	28,79	27,74	28,15
BGMS102	28,10	27,87	29,14
BGMS79	28,21	27,54	28,89
BGMS24	27,95	28,08	28,86
BGMS48	28,59	28,10	28,29
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	0,00	30,98	31,12
Engana Ladrão	0,00	30,68	31,45
BGMS115	31,96	30,49	31,73
BGMS110	0,00	30,84	30,31
BGMS102	32,31	30,49	30,96
BGMS79	32,96	30,52	30,80

BGMS24	32,75	30,53	31,37
BGMS48	0,00	30,50	31,06

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

A partir dos dados obtidos para a temperatura das folhas, é possível verificar a importância da disponibilidade hídrica envolvida nos processos fisiológicos da planta, tendo em vista que, segundo Tribuzy (2005), para espécies não caducifólias, a ausência de chuva por períodos relativamente longos leva a potenciais hídricos foliares mais negativos, o que ocasiona o fechamento estomático com consequente decréscimo da transpiração e um maior aquecimento foliar. A ausência de variação de temperatura para os acessos submetidos a cada regime com simulação de chuva (primeiro ciclo), 100% e 20% da ET_C (primeiro e segundo ciclo) sugere que as plantas se encontravam sob as mesmas condições hídricas. O destaque obtido pelas médias genótípicas dos acessos BGMS79, BGMS24, BGMS102 e BGMS115 sob condição de simulação de chuva (segundo ciclo de cultivo) para as variáveis temperatura foliar, condutância estomática e transpiração evidenciam materiais tolerantes às limitações hídricas e imprimem às principais diferenças e respostas entre genótipos de um mesmo gênero.

Com relação aos resultados obtidos para a clorofila *a* no primeiro ciclo de cultivo, pôde-se observar que as médias genótípicas para os acessos apresentaram valores constantes para cada regime hídrico aplicado, apresentando valores de $34,95 \mu\text{mol m}^{-2}$, $36,05 \mu\text{mol m}^{-2}$ e $36,42 \mu\text{mol m}^{-2}$ para os regimes com simulação de chuva, 100% e 20% da ET_C , respectivamente (Tabela 19). Para o segundo ciclo em regime com simulação de chuva, os acessos BGMS102, BGMS79, BGMS24 e BGMS115 se destacaram com as maiores médias genótípicas para esta variável. Sob regime com 100% da ET_C , as médias variaram entre $30,79 \mu\text{mol m}^{-2}$ para o acesso BGMS24 e $35,92 \mu\text{mol m}^{-2}$ para Engana Ladrão.

Considerando os acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos para o primeiro ciclo de cultivo, não foi possível observar variações significativas nas médias genótípicas para esta variável em função da maior ou menor quantidade de água ofertada às plantas pelos regimes de irrigação impostos neste período. Entretanto, para o segundo ciclo, houve baixos rendimentos genético das plantas para ausência de irrigação imposta pelo regime com simulação de chuva, principalmente pelos acessos Engana Ladrão,

Gema de Ovo, BGMS110 e BGMS48 (Tabela 19), apresentando-se como materiais vegetais com pouca tolerância a seca.

Tabela 19. Médias genotípicas para clorofila *a* ($\mu\text{mol m}^{-2}$) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	34,95	36,05	36,42
Engana Ladrão	34,95	36,05	36,42
BGMS115	34,95	36,05	36,42
BGMS110	34,95	36,05	36,42
BGMS102	34,95	36,05	36,42
BGMS79	34,95	36,05	36,42
BGMS24	34,95	36,05	36,42
BGMS48	34,95	36,05	36,42
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	2,96	34,26	32,96
Engana Ladrão	2,13	35,92	34,53
BGMS115	23,29	32,58	32,37
BGMS110	3,26	34,36	31,70
BGMS102	28,77	31,64	28,64
BGMS79	26,71	32,81	27,66
BGMS24	24,21	30,79	28,13
BGMS48	4,61	34,76	26,08

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Apesar da limitação hídrica influenciar na atividade das clorofilas, este comportamento não foi observado para o primeiro ciclo de cultivo, corroborando com os resultados obtidos por Silva Júnior e Santana (2013) para a cultura do coqueiro em que

as diferentes lâminas de irrigação aplicadas para esta cultura não foram capazes de influenciar o conteúdo de clorofila total. Pôde-se observar que a ausência de irrigação para a simulação de chuva no segundo ciclo de cultivo provocou a degradação dos cloroplastos, indicando quais dos acessos utilizados possuem baixa tolerância ao déficit hídrico aplicado. O fato das maiores médias genotípicas para os acessos BGMS102, BGMS79, BGMS24 e BGMS115 em condições de estresse hídrico severo como observado para o regime com simulação de chuva no segundo ciclo de cultivo, pode ser atribuído ao maior número de células mesófilas e, conseqüentemente, ao maior número de cloroplastos presentes exclusivamente nesses materiais vegetais (GUERFEL et al., 2009).

Para a clorofila *b* no primeiro ciclo de cultivo, observou-se que as médias genotípicas dos acessos envolvendo cada regime hídrico não apresentou variações significativas para esta variável, apresentando valores de 16,07 $\mu\text{mol m}^{-2}$ para o regime com simulação de chuva, 17,65 $\mu\text{mol m}^{-2}$ com 100% da ET_C e 18,88 $\mu\text{mol m}^{-2}$ com o regime de 20% da ET_C (Tabela 20). Considerando o segundo ciclo de cultivo, as maiores médias genotípicas foram observadas pelos acessos BGMS24, BGMS115, BGMS102 e BGMS79 em regime com simulação de chuva, apresentando-se estes acessos, com o mesmo comportamento observado para o conteúdo de clorofila *a* citado anteriormente (Tabela 19).

Avaliando-se os acessos submetidos aos diferentes regimes hídricos para o primeiro ciclo de cultivo, não se constatou diferença para as médias genotípicas para a clorofila *b*, estando este comportamento semelhante ao relatado neste estudo para a clorofila *a*. Para o segundo ciclo, os acessos Engana Ladrão, BGMS110, BGMS48 e Gema de Ovo apresentaram as menores médias genotípicas quando sob regime hídrico de simulação de chuva (Tabela 20), tendo esse mesmo comportamento observado anteriormente para a clorofila *a*.

Tabela 20. Médias genotípicas para clorofila *b* ($\mu\text{mol m}^{-2}$) de acessos do gênero *Manihot* submetidos a diferentes regimes hídricos e dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (com irrigação)	100% ET_C	20% ET_C
Gema de Ovo	16,07	17,65	18,88

Engana Ladrão	16,07	17,65	18,88
BGMS115	16,07	17,65	18,88
BGMS110	16,07	17,65	18,88
BGMS102	16,07	17,65	18,88
BGMS79	16,07	17,65	18,88
BGMS24	16,07	17,65	18,88
BGMS48	16,07	17,65	18,88
Segundo ciclo de cultivo			
Acessos ⁽¹⁾	Regimes hídricos		
	Simulação de chuva (sem irrigação)	100% ET _C	20% ET _C
Gema de Ovo	1,84	11,42	12,17
Engana Ladrão	0,91	15,60	12,21
BGMS115	11,37	12,18	13,12
BGMS110	1,54	13,31	11,62
BGMS102	11,37	13,17	10,33
BGMS79	10,97	14,17	8,67
BGMS24	11,58	12,46	9,25
BGMS48	1,70	12,80	11,41

⁽¹⁾Acessos pertencentes a Coleção de Trabalho de Espécies Silvestres do Gênero *Manihot* da Embrapa Semiárido.

Em conjunto com os carotenoides, a clorofila *b* é considerada como um dos principais pigmentos acessórios indispensáveis para realização da fotossíntese, sendo responsável por auxiliar em processos de absorção de luz pelas plantas, além de ajudar também na condução de energia radiante para os centros de reação (STREIT et al., 2005). Diante disso, os resultados referentes as médias genótípicas para a clorofila *b* podem ser consideradas de comportamento semelhante ao obtidos para a clorofila *a*, independentemente do período de cultivo e regime hídrico analisado (Tabela 19). Assim, de acordo com Silva et al. (2016), em plantas sob estresse hídrico, têm sido verificados decréscimos nos teores de clorofila, o que pode ser enquadrado como um típico indício de estresse oxidativo, sendo, provavelmente, resultado de foto-oxidação dos pigmentos, associados à própria degradação das moléculas de clorofila, o que pode ser constatado

possivelmente para os acessos Engana Ladrão, BGMS110, BGMS48 e Gema de Ovo para o segundo ciclo de cultivo em regime com simulação de chuva.

A estimativa de componentes de variância genotípica, ambiental, fenotípica, herdabilidade genotípica total e média, acurácia, coeficiente de variação genotípica, coeficiente de variação ambiental, coeficiente de variação relativa e média geral encontram-se na tabela 21. Para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, notou-se baixos rendimentos para o coeficiente de variação genotípica (CVg) obtidos para a maioria das variáveis relacionadas aos parâmetros fisiológicos das plantas, com exceção do maior valor observado para a clorofila *b* (18,83) detectado no primeiro ciclo. Ainda sobre o CVg, foi verificado pouca variabilidade genética sobre as características fisiológicas para os acessos utilizados em nosso estudo, onde apresentaram variações de 0,07 a 18,83% para as variáveis temperatura foliar e clorofila *b*, respectivamente, para o primeiro ciclo de cultivo e de 0,00 a 8,46% para temperatura foliar e clorofila *a*, respectivamente, quando submetidos ao segundo ciclo.

Com relação ao coeficiente de variação ambiental (CVe), foram observados menores valores para as variáveis temperatura foliar, fotossíntese e clorofila *a* (1,31%, 8,18% e 8,21% para o primeiro ciclo e 0,80%, 5,22% e 5,77% para o segundo ciclo de cultivo, para cada variável respectivamente). Para as variáveis temperatura foliar e condutância estomática, as variações de valores obtidos para o CVe apresentaram-se entre 1,31% e 16,42% para o primeiro ciclo de cultivo e entre 0,80% a 13,49% para as variáveis temperatura foliar e clorofila *b* analisados no segundo ciclo (Tabela 21). Analisando-se de forma geral para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, as estimativas para CVe foram superiores aos valores obtidos para CVg envolvendo a maioria das variáveis analisadas, exceto para a clorofila *b* no primeiro ciclo. Referente ao coeficiente de variação relativa (CVr), todas as variáveis fisiológicas apresentaram valores menores que um, exceto para as variáveis clorofila *b* (primeiro ciclo) e clorofila *a* (segundo ciclo), o que se supõe condição de seleção desfavorável para essa característica. Segundo Arruda et al. (2015), comportamentos para o CVr inferiores a um (1) indicam que os efeitos ambientais se sobressaíram em relação aos efeitos genéticos.

Com relação para a estimativa da variância genotípica (σ^2_g) para o primeiro ciclo de cultivo, observou-se que as estimativas envolvendo os valores obtidos para as clorofilas *a* e *b* se destacaram das demais, apresentando este mesmo comportamento quando analisadas as variáveis para o segundo ciclo de cultivo. Este fato pode estar associado a tolerância e aos níveis de resposta ao déficit hídrico existente pelos vários

acessos analisados em nosso estudo, uma vez que os danos causados pela falta de água às plantas dependem de fatores como intensidade e capacidade de resposta genética (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Referente aos resultados obtidos para o coeficiente de herdabilidade genotípica total (h^2_g), foi verificado valores considerados como baixos ou médios para todas as variáveis analisadas, independentemente do ciclo de cultivo, exceto para as variáveis clorofila *a* e *b* cujos valores apresentaram-se como médios ou altos (Tabela 21). Dentro desse contexto, maiores valores para a estimativa da herdabilidade média (h^2_m) foram verificados para as variáveis clorofila *a* e *b*, independentemente do ciclo; já para o segundo ciclo, a h^2_m mostrou variação para condutância estomática (0,11) e clorofila *a* (0,72).

Tabela 21. Estimativas de componentes de variância, herdabilidade, precisão e coeficientes de variância para fotossíntese (A, em “ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), condutância estomática (g_s , em “ $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), transpiração (Tr, em “ $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ”), temperatura foliar (Tf, em “ $^{\circ}\text{C}$ ”), clorofila *a* (Chl a, em “ $\mu\text{mol m}^{-2}$ ”) e clorofila *b* (Chl b, em “ $\mu\text{mol m}^{-2}$ ”) m acessos do gênero *Manihot* submetidos diferentes regimes hídricos e avaliados em dois ciclos de cultivo.

Primeiro ciclo de cultivo						
Parâmetros	A	g_s	Tr	Tf	Chl a	Chl b
σ_g^2	0,03	0,00	0,00	0,00	6,73	10,90
σ_e^2	4,03	0,00	0,45	0,09	6,30	6,44
σ_f^2	12,20	0,01	1,37	0,27	15,42	17,50
h_g^2	$0,00 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,01$	$0,00 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,01$	$0,44 \pm 0,22$	$0,62 \pm 0,26$
h_m^2	0,01	0,01	0,01	0,00	0,70	0,83
Ac	0,1	0,09	0,09	0,07	0,84	0,91
CVg (%)	0,70	1,34	0,98	0,07	7,24	18,83
CVe (%)	8,18	16,42	11,80	1,31	8,21	14,48
CVr	0,09	0,018	0,08	0,05	0,88	1,30
X_f	24,88	0,32	11,80	28,28	35,81	17,53
Segundo ciclo de cultivo						
σ_g^2	0,91	0,00	0,11	0,00	6,63	0,87
σ_e^2	1,59	0,00	0,18	0,06	3,07	2,72
σ_f^2	16,99	0,00	1,18	0,18	13,62	4,76

h^2_g	0,05 ± 0,08	0,04 ± 0,08	0,09 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,49 ± 0,25	0,18 ± 0,16
h^2_m	0,13	0,11	0,21	0,00	0,72	0,39
Ac	0,36	0,33	0,46	0,00	0,85	0,62
CVg (%)	3,93	4,90	4,93	0,00	8,46	7,63
CVe (%)	5,22	11,03	6,31	0,80	5,77	13,49
CVr	0,75	0,44	0,78	0,00	1,47	0,57
X_f	24,19	0,30	6,72	31,41	30,44	12,24

⁽¹⁾ σ^2_g , variância genotípica; σ^2_e , variância ambiental; σ^2_f , variância fenotípica; h^2_g , herdabilidade genotípica total; h^2_m , herdabilidade média; Ac, acurácia; CVg (%), coeficiente de variação genotípica; CVe, coeficiente de variação ambiental; (%), CVr, coeficiente de variação relativa; X_f , média geral.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os acessos BGMS115, BGMS102, BGMS79 e BGMS24 apresentaram destaque para as suas maiores médias genóticas englobando a grande parte das variáveis fisiológicas, indicando alto potencial genético para tolerar cultivos em condições de sequeiro ou com o uso de água limitada pela irrigação.

Considerando isoladamente os genótipos para o primeiro ciclo de cultivo, apenas os parâmetros fisiológicos relacionados as clorofilas *a* e *b* são indicados para o estudo de seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico.

Os resultados para as estimativas de variância genética mostraram baixa variabilidade genótica sobre as características fisiológica para os acessos avaliados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (**FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56**).
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.7, p.138-169.
- ARRUDA, I. M.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
- DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. **Agricultural Water Management**, v.179, p.18–33, 2017.
- EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v.56, p.481-501, 2004.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. (Rev. B., 33 p.).
- GONZÁLEZ-VILLAGRA, J.; RODRIGUES-SALVADOR, A.; NUNES-NESE, A.; COHEN, J. D.; REYES-DÍAZ, M. M. Age-related mechanism and its relationship with secondary metabolism and abscisic acid in *Aristotelia chilensis* plants subjected to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.124, p.136–145, 2018.
- GUERFEL, M.; BACCOURI, O.; BOUJNAH, D.; CHAÏBI, W.; ZARROUK, M. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v.119, p.257–263, 2009.
- HONG-BO, S.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p.215-225, 2008.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold. 1990. 652p.

KESHAVARZ, M.; MALEKSAEIDI, H.; KARAMI, E. Livelihood vulnerability to drought: A case of rural Iran. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v.21 p.223–230, 2017.

LAWES, R. A.; KINGWELL, R. S. A longitudinal examination of business performance indicators for drought-affected farms. **Agricultural Systems**, v.106, p.94–101, 2012.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 02, p. 275-279, 2002.

LEI, Y.; LIU, C.; ZHANG, L. LUO, S. How smallholder farmers adapt to agricultural drought in a changing climate: A case study in southern China. **Land Use Policy**, v.55, p.300–308, 2016.

LI, J.; CANG, Z.; JIAO, F.; BAI, X.; ZHANG, D.; ZHAI, R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.16, p.82–88, 2017.

MARIANO, K. R. et al. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. submetida ao déficit hídrico. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 72-77, 2009.

MASHILO, J.; ODINDO, A. O.; SHIMELIS, H. A.; MUSENGE, P.; TESFAY, S. Z.; MAGWAZA, L. S. Photosynthetic response of bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] to drought stress: Relationship between cucurbitacins accumulation and drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, v.231, p.133–143, 2018.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.75-87, 2001.

PALLESCHI, S.; ROCHER, J. P.; PRIOUL, J. L. Sugar repression of photosynthesis: the role of carbohydrates in signalling nitrogen deficiency through source-sink imbalance. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, n. 01, p. 110-116, 1997.

PUTPEERAWIT, P.; SOJIKUL, P.; THITAMADEE, S.; NARANGAJAVANA, J. Genome-wide analysis of aquaporin gene family and their responses to water-deficit stress conditions in cassava. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.121, p.118–127, 2017.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RIBEIRO, M. N. O.; CARVALHO, S. P.; PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 354-361, 2012.

ROYER, D. L. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 1-28, 2001.

RYAN, A. C.; DODD, I. C.; ROTHWELL, S. A.; JONES, R.; TARDIEU, F.; DRAYE, X.; DAVIES, W. J. Gravimetric phenotyping of whole plant transpiration responses to atmospheric vapour pressure deficit identifies genotypic variation in water use efficiency. **Plant Science**, v.251, p.101–109, 2016.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F. B. ; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4 nd. California: Wadsworth, 1992. p.66-92.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e o s processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SAS INSTITUTE. SAS 9.2 enhanced logging facilities. SAS Institute, Cary, NC, 2008.

SILVA JÚNIOR, C. D.; SANTANA, M. C. Effects of vapour pressure deficit on gas exchange of coconut palm tree grown under irrigation. **Acta Horticulturae**, v.1, p.191-195, 2013.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p.201-205, 2004.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**.5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TRENTIN, R.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; STEIDLE NETO, A.J. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.6, p.1085-1095, 2011.

TRIBUZY, E. S. **Variações da temperatura foliar e do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central**. 2005. 84 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

WANI, S. H.; DUTTA, T.; NEELAPU, N. R. R.; SUREKHA, C. Transgenic approaches to enhance salt and drought tolerance in plants. **Plant Gene**, v.11, p.219–231, 2017.

ZARGAR, S. M.; GUPTA, N.; NAZIR, M.; MAHAJAN, R.; MALIK, F. A.; SOFI, N. R.; SHIKARI, A. B.; SALGOTRA, R. K. Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. **Plant Gene**, v.11, p.154–159, 2017.