



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ARTEMÍZIA CYNTHIA BEZERRA DE MEDEIROS

**IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS DE MELOEIRO TOLERANTES AO DÉFICIT
HÍDRICO**

MOSSORÓ

2018

ARTEMÍZIA CYNTIA BEZERRA DE MEDEIROS

**IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS DE MELOEIRO TOLERANTES AO DÉFICIT
HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso de Solo e da Água.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr.

Co-orientadora: Débora Jesus Dantas, Prof.^a.
Dr.^a

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M488i Medeiros, Artemízia Cyntia Bezerra de.

Identificação de acessos de meloeiro tolerantes
ao déficit hídrico / Artemízia Cyntia Bezerra de
Medeiros. - 2018.

114 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Co-orientadora: Débora Jesus Dantas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2018.

1. *Cucumis melo* L. 2. Estresse abiótico. 3.
Seca. 4. Germoplasma. 5. Seleção. I. Nunes,
Glauber Henrique de Sousa, orient. II. Dantas,
Débora Jesus, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ARTEMÍZIA CYNTIA BEZERRA DE MEDEIROS

**IDENTIFICAÇÃO DE ACESSOS DE MELOEIRO TOLERANTES AO DÉFICIT
HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

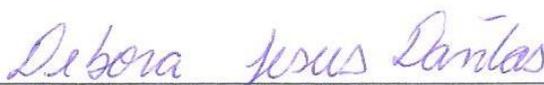
Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso de Solo e da Água.

Defendida em: 27/04/2018.

BANCA EXAMINADORA



Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Débora Jesus Dantas, Prof^a. Dr.^a (UFERSA)
Membro Examinador



José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



José Robson da Silva, Dr. (EMPARN)
Membro Examinador

“Aos meus filhos, Arthur e Alice, que me fizeram descobrir o poder do amor incondicional.”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de multiplicar meus dons, pelas doses diárias de misericórdia, cuidado e amor.

Ao meu companheiro, Nelson Alves de Lara Junior, por todo amor, paciência, compreensão e empenho. Obrigada por acreditar mais em mim do que eu mesma.

A minha mãe, Maria Salizete, por todo amor, carinho e dedicação comigo e com meus filhos. Obrigada por ter sido tão presente e obstinada a me guiar pelos caminhos corretos.

Ao meu pai, Solimar Regalado, por acreditar tanto em mim e nos meus sonhos, e não medir esforços para ajudar na minha formação.

Aos meus irmãos pelo carinho e amizade.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), minha instituição formadora, a qual tenho profundo respeito, orgulho e admiração.

Ao meu orientador, Glauber Nunes, pela orientação, apoio e ensinamentos.

A professora Débora Dantas pela paciência, disponibilidade, dedicação e valorosas contribuições para o meu trabalho

Ao professor José Francismar por dispor do seu vasto conhecimento e espaços na agenda corrida para ajudar em vários momentos na construção deste trabalho.

A José Robson da Silva pela participação como membro da banca e valiosa contribuição.

Aos professores Carolina Malala, Débora Dantas, Fábio Henrique, Jeferson Dombroski, José Espínola, José Francismar, Marcelo Tavares, Marlon Feijó e Rafael Batista pelos preciosos ensinamentos e profissionalismo.

As equipes dos grupos de pesquisa GERMEV e LAS pela amizade e contribuição durante o período experimental.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelo companheirismo e amizade.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, muito obrigada!

Se vi mais longe foi por estar sobre os ombros
de gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

MEDEIROS, Artemízia Cyntia Bezerra de. **Identificação de acessos de meloeiro tolerantes ao déficit hídrico**. 2018. p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água/Impactos ambientais pelo uso de solo e da água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

A cadeia produtiva de melão (*Cucumis melo* L.) no Nordeste brasileiro tem uma alta representatividade nas balanças comerciais interna e de exportação. Eventualmente, perdas na produtividade são registradas decorrentes dos ciclos de estiagem e altas taxas evapotranspiratórias na região. A grande variabilidade genética do meloeiro é conservada em bancos e coleções de germoplasma, representando fontes de alelos que auxiliam a identificação de genitores com caracteres de interesse e possibilitam a elaboração de estratégias para etapas subsequentes de programas de melhoramento. O objetivo desta pesquisa foi investigar as respostas de acessos de melão ao déficit hídrico durante os processos de germinação, desenvolvimento inicial e crescimento vegetativo. O trabalho foi realizado em duas etapas, a primeira durante a germinação e a segunda até o período de floração. A primeira etapa foi dividida em dois ensaios. Em ambos se utilizou o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e 25 sementes por parcela. No primeiro ensaio foi realizado o teste de germinação com 25 genótipos submetidos a três potenciais osmóticos (0,0; -0,2 e -0,4 MPa). As características avaliadas foram: porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea e radícula, massa seca da parte aérea e radícula e índice de eficiência de produção (IEP). A partir das médias genotípicas obtidas com o IEP, os acessos foram classificados em tolerantes (T), moderadamente tolerantes (MT) e susceptíveis (S) ao déficit hídrico. Para o segundo ensaio, foi selecionado um acesso representante de cada classificação: A-09 (T), A-16 (MT), A-02 (S), além do AHK-119, um genótipo promissor na tolerância a seca, e o híbrido 'Goldex', amplamente cultivado no Nordeste brasileiro. Os cinco genótipos foram avaliados para o índice de velocidade de germinação (IVG) em dois potenciais osmóticos (0,0 e -0,2 MPa). A redução do potencial osmótico provocou o decréscimo da germinação das sementes e do desenvolvimento inicial das plântulas a partir de -0,2 MPa. O desenvolvimento de plântulas normais foi inibido entre os potenciais -0,2 e -0,4 MPa para todos os acessos testados. O 'Goldex' e A-09 apresentaram as maiores médias genotípicas para o IVG. A segunda etapa do trabalho foi realizada com os cinco genótipos avaliados para o IVG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3 (genótipos x tratamentos) com três repetições e quinze plantas por repetição. Os tratamentos iniciaram 7 dias após o transplante e resultaram da combinação do conteúdo de água facilmente disponível (AFD) e três coeficientes de depleção (0,35; 0,45 e 0,55). Determinou-se uma tensão crítica para reposição de umidade em cada tratamento. Os resultados revelaram efeito significativo do déficit hídrico para o teor relativo de água na folha (TRA) e potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}), e da interação acesso (A) x déficit hídrico (DH) para TRA e Ψ_{wf} ao meio dia. As variáveis de crescimento diâmetro do caule (DC), número de folhas por planta (NFP), altura da planta (AP), massa seca foliar (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) foram significativamente influenciadas pelo efeito de A, o efeito do DH não foi significativo apenas para AF. A densidade de raízes (ρ_r) não interagiu com o efeito fixo, nem aleatório. O padrão de resposta à seca do meloeiro varia de acordo com a fase de desenvolvimento, assim a susceptibilidade nos estágios iniciais de crescimento não deve ser extrapolada para estágios mais tardios, pois as respostas à seca demandam adaptações e alterações no fenótipo que se tornam mais expressivas durante o crescimento vegetativo.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Germoplasma. Estresse abiótico. Seca.

ABSTRACT

MEDEIROS, Artemízia Cyntia Bezerra de. **Identification of melon accessions tolerant to water deficit**. 2018. p. . Dissertation (Masters in Soil and Water Management/Environmental impacts from soil and water use) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

The agribusiness of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Northeast has a high representativeness in the internal and export trade scales. Eventually, productivity losses are recorded as a result of drought cycles and high evapotranspiration rates in the region. The great genetic variability of the melon is conserved in germplasm banks and collections, representing allele sources that help identify parents with characters of interest and enable the elaboration of strategies for subsequent stages of breeding programs. The objective of this research was to investigate the responses of melon accessions to water deficit during the germination, initial development and vegetative growth processes. The work was carried out in two stages, the first during germination and the second until the flowering period. The first step was divided into two trials. In both, a randomized complete block design with four replicates and 25 seeds per plot was used. In the first experiment the germination test was performed with 25 genotypes submitted to three osmotic potentials (0.0, -0.2 and -0.4 MPa). The evaluated characteristics were: germination percentage, aerial part length and radicle, aerial shoot dry mass and radicle and production efficiency index (IEP). From the genotypic means obtained with the IEP, the accessions were classified as tolerant (T), moderately tolerant (MT) and susceptible (S) to water deficit. For the second test, a representative access of each classification was selected: A-09 (T), A-16 (MT), A-02 (S), and AHK-119, a promising genotype in drought tolerance, and the hybrid 'Goldex', widely cultivated in the Brazilian Northeast. The five genotypes were evaluated for the germination speed index (IVG) in two osmotic potentials (0.0 and -0.2 MPa). Reduction of osmotic potential led to a decrease in seed germination and seedling initial development from -0.2 MPa. The development of normal seedlings was inhibited between potentials -0.2 and -0.4 MPa for all accesses tested. Goldex and A-09 presented the highest genotype means for IVG. The second stage of the work was carried out with the five genotypes evaluated for the IVG. The experimental design consisted of randomized blocks in a 5 x 3 factorial scheme (genotypes x treatments) with three replicates and fifteen plants per replicate. Treatments started 7 days after transplantation and resulted from the combination of readily available water content (AFD) and three depletion coefficients (0.35, 0.45 and 0.55). A critical stress was determined to restore moisture at each treatment. The results revealed a significant effect of the water deficit on the leaf water content (TRA) and leaf water potential (Ψ_{wf}), and on the access interaction (A) x water deficit (DH) for TRA and Ψ_{wf} at noon. The growth variables stem diameter (DC), number of leaves per plant (NFP), plant height (AP), leaf dry mass (MSF), stem dry mass (MSC) and leaf area (AF) were significantly influenced by the effect of A, the effect of DH was not significant only for AF. The root density (ρ_r) did not interact with the fixed or random effect. The pattern of response to drought of the melon varies according to the development phase, so the susceptibility in the early stages of growth should not be extrapolated to later stages, since drought responses demand adaptations and changes in the phenotype that become more expressive during vegetative growth.

Keywords: *Cucumis melo* L. Germoplasm. Abiotic stress. Drought.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Semeadura dos acessos em papel germitest umedecido com soluções de PEG-6000.....	42
Figura 2 -	Localização da área experimental.....	68
Figura 3 -	Temperatura mínima, média e máxima diária durante o período do experimento.....	68
Figura 4 -	Umidade relativa mínima, média e máxima diária durante o período do experimento.....	69
Figura 5 -	Vista externa (A) e interna (B) da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento.....	69
Figura 6 -	Leitura da tensão na coluna de água.....	71
Figura 7 -	Sensor TDR acoplado ao tensiômetro.....	71
Figura 8 -	Sistema de coleta e armazenamento de dados dos tensiômetros eletrônicos	72
Figura 9 -	Esquema da distribuição e aleatorização dos tratamentos.....	73
Figura 10 -	Esquema simplificado da reposição dos três níveis de umidade.....	75
Figura 11 -	Amostras de discos foliares em banho-maria (A) e medição da condutividade elétrica total (B).....	78
Figura 12 -	Amostragem do solo para análise de raízes (A) e torrões de solo 0-10 cm e 10-20 cm (B).....	80
Figura 13 -	Condutância estomática (g_s) ao longo do dia de os cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	84
Figura 14 -	Dados climáticos referentes de temperatura média e umidade relativa média do ar em função do horário ao longo do dia.....	85
Figura 15 -	Temperatura foliar (TF) ao longo do dia para os cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	86
Figura 16 -	Altura da planta (A) e diâmetro do caule (B) de cinco genótipos de meloeiro cultivados em três níveis de umidade.....	97
Figura 17 -	Número de folhas por planta em cinco genótipos de meloeiro cultivados em três níveis de umidade.....	98
Figura 18 -	Massa seca foliar, massa seca do caule e massa seca total de cinco genótipos de meloeiro cultivados três níveis de umidade.....	100
Figura 19 -	Densidade de raízes em duas profundidades de solo de cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação botânica dos acessos utilizados no experimento.....	40
Tabela 2 -	Quantidade de soluto (g/100 ml de água) utilizado para o preparo das soluções nos diferentes níveis de potenciais de PEG 6000.....	41
Tabela 3 -	Intervalos de classificação dos genótipos de plantas cultivadas quanto a tolerância ao estresse hídrico, com base na redução da produção de matéria seca.....	44
Tabela 4 -	Caracterização de acessos de meloeiro a partir de descritores do fruto.....	44
Tabela 5 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, componentes de variância, acurácia, coeficiente de variação genotípica e residual obtidos via REML individual para cinco caracteres avaliados em 25 acessos de meloeiro submetidos a três potenciais osmóticos na semeadura.....	47
Tabela 6 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, componentes de variância, acurácia, coeficiente de variação genotípica e residual obtidos via REML individual para sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura.....	48
Tabela 7 -	Índice de eficiência, adaptado por Fageria (1991), para cinco caracteres avaliados em 25 acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura.....	57
Tabela 8 -	Médias genotípicas de sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura.....	58
Tabela 9 -	Índice de eficiência, adaptado por Fageria (1991), para sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura.....	59
Tabela 10 -	Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento.....	70
Tabela 11 -	Análise físico-química da água de abastecimento.....	70
Tabela 12 -	Parâmetros da equação de van Genuchten para o solo utilizado no experimento.....	73
Tabela 13 -	Valores do coeficiente de depleção, água facilmente disponível, umidade crítica e tensão crítica para os três tratamentos.....	74
Tabela 14 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e condutância estomática de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	82
Tabela 15 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de	

	variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e temperatura foliar de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	83
Tabela 16 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e teor relativo de água na folha e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e potencial hídrico medido em dois horários em cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	87
Tabela 17 -	Médias genótípicas do teor relativo de água na folha e potencial hídrico de cinco acessos de meloeiro submetidos ao estresse hídrico.....	89
Tabela 18 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e danos nas membranas de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	91
Tabela 19 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e caracteres de crescimento de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	93
Tabela 20 -	Médias dos caracteres de crescimento dos genótipos em função da lâmina inicial de saturação do solo.....	93
Tabela 21 -	Médias genótípicas de caracteres de crescimento de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	94
Tabela 22 -	Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e caracteres da raiz avaliados em duas profundidades em cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Acesso
ABA	Ácido abcísico
AFD	Água facilmente disponível
ATD	Água totalmente disponível
ATP	Adenosina trifosfato
BOD	Biological oxygen demand
CAT	Catalase
CC	Capacidade de campo
CE	Ceará
CTR	Controle
CIAH	Central Institute of Arid Horticulture
DAG	Dias após germinação
DAS	Dias após semeadura
DAT	Dias após transplântio
DH	Déficit hídrico
DPV	Déficit de pressão de vapor
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Eq.	Equação
ET	Evapotranspiração
ETc	Evapotranspiração da cultura
G	Genótipo
G x A	Interação genótipo-ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEP	Índice de eficiência de produção
IVG	Índice de velocidade de germinação
LTR	Teste de razão de verossimilhança
MAP	Monofosfatoamônio
NADPH	Fosfato de dinucleotídeo de adenina e nicotinamida na forma reduzida
PEG	Polietilenoglicol
p.e.	Por exemplo
pH	Potencial hidrogeniônico

PMP	Ponto de murcha permanente
RAS	Regras de análise de sementes
REML	Máxima verossimilhança restrita
RN	Rio Grande do Norte
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SOD	Superóxido dismutase
TDR	Time Domain Reflectometer
UCr	Umidade crítica
UR	Umidade relativa
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

r_{loc}	Correlação genética
A_{cg}	Acurácia seletiva
CO_2	Dióxido de carbono
f	Coefficiente de depleção
g_s	Condutância estomática
h^2_{mg}	Herdabilidade média
MPa	Mega Pascal
ρ_r	Densidade de raízes
r_{loc}	Correlação genética
ton/ha	Toneladas por hectare
Ψ_m	Potencial matricial
Ψ_p	Potencial de pressão
Ψ_w	Potencial hídrico
Ψ_{wf}	Potencial hídrico foliar
$\Psi\pi$	Potencial osmótico

SUMÁRIO

Revisão bibliográfica.....	
Introdução.....	19
Referencial teórico.....	21
Importância econômica.....	21
Aspectos da cultura.....	22
Necessidade hídrica do meloeiro.....	23
Teor de água no solo.....	25
Déficit hídrico.....	26
Genótipo de meloeiro tolerante a seca.....	27
Referências.....	31
Capítulo 1.....	36
Identificação de acessos de melão (<i>Cucumis melo</i> L.) tolerantes ao déficit hídrico induzido por diferentes potenciais osmóticos de polietilenoglicol (PEG 6000) durante a germinação e desenvolvimento inicial	
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e métodos.....	39
Teste de germinação.....	39
Germoplasma.....	39
Local e caracterização do experimento.....	40
Delineamento experimental.....	42
Variáveis analisadas.....	42
Índice de velocidade de germinação - IVG.....	43
Local e caracterização do experimento.....	44
Delineamento experimental.....	44
Variáveis analisadas.....	45
Resultados e discussão.....	46
Precisão experimental	46
Efeito fixo	49
Efeitos aleatórios.....	51
Variáveis analisadas.....	52
Classificação dos acessos	55
Conclusões	59
Referências	59
Capítulo 2.....	64
Avaliação fisiológica e de crescimento de genótipos de melão submetidos ao déficit hídrico durante o desenvolvimento vegetativo.....	
Resumo.....	64
Abstract.....	65
Introdução.....	66

Material e métodos.....	67
Local e caracterização do experimento.....	67
Delineamento experimental.....	73
Condução do experimento.....	75
Variáveis analisadas.....	76
Análises fisiológicas.....	76
Análises de crescimento.....	91
Resultados e discussão.....	81
Análises fisiológicas.....	81
Análises de crescimento.....	91
Conclusões.....	104
Referências.....	105
Anexos.....	111

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma olerícola apreciada em todo mundo e para o Nordeste do Brasil aparece como forte pauta de exportação, assegurando a geração de empregos e renda. A fácil adaptação da cultura na região deve-se às condições climáticas como alta temperatura média mensal, elevada insolação e umidade relativa baixa (Araújo Neto, 2003; Dantas et al., 2012).

Apesar da pouca exigência em umidade, uma lâmina inferior a exigida pela cultura pode influenciar na qualidade da produção (Medeiros et al., 2000), e para assegurar um rendimento economicamente viável, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, a irrigação é imprescindível em virtude da insuficiência e má distribuição das chuvas para manter a umidade no solo adequada durante o ciclo da cultura (Carvalho et al., 2000).

Em regiões de baixa disponibilidade de água no solo e/ou na atmosfera, as plantas se utilizam de mecanismos adaptativos para manter um ponto de compensação entre o dispêndio de água pela transpiração e a taxa fotossintética. Na germinação, a disponibilidade de água no meio é crucial para desencadear uma sequência de eventos fisiológicos, morfogênicos e bioquímicos no interior da semente. A restrição hídrica contribui para a redução na germinação total e resulta em emergência tardia, um critério de particular importância no vigor e capacidade de produção de muitas culturas (Azam & Allen, 1976 apud Rauf et al., 2007). A resposta das sementes à seca pode ser um indicador da tolerância das plantas para estágios posteriores de desenvolvimento no ciclo da cultura. Os testes de germinação utilizando soluções de alto peso molecular, como o polietilenoglicol (PEG 6000), têm sido empregados para simular condições de estresse (Singh et al., 2016; Han et al., 2017; Ranganathan et al., 2017) e identificar, por meio das variáveis analisadas, os genótipos que melhor se adaptam às condições de seca.

O estresse causado pela seca é uma das limitações ambientais que mais afeta o crescimento e produtividade das plantas. Ao longo do processo evolutivo, as plantas precisaram desenvolver estratégias para sobreviver a condições ambientais adversas, utilizando mecanismos bioquímicos, moleculares e genéticos para evitar ou tolerar o estresse (Ahuja et al., 2010; Skirycz & Inzé, 2010; Osakabe et al., 2011; Kusvuran et al., 2013). Para solucionar esse problema várias vias metabólicas são acionadas podendo resultar em fechamento estomático, redução da fotossíntese e translocação dos fotoassimilados, diminuição da turgescência, abscisão foliar, ajuste osmótico, redução da área foliar, entre outros fatores.

A cultura do melão, sob déficit hídrico, se utiliza de estratégias para completar o ciclo por meio de mecanismos de redução do crescimento e do turgor. Os genótipos apresentam

comportamento diferenciado em relação às condições de potencial de água no solo (Vale et al., 2012), e tais respostas também variam de acordo com a fase fenológica. Cultivares de melão que se desenvolvem sob clima quente e seco nos desertos da Índia apresentam potenciais genes de interesse e são uma importante fonte de estudos e pesquisa, em virtude do sucesso evolutivo em condições hostis. A variedade de mecanismos desenvolvidos por espécies que se adaptam as regiões de clima árido, fornece uma base de estratégias efetivas de melhoramento para aumentar a tolerância à seca das culturas (Hossain et al., 2016).

A compreensão dos mecanismos das plantas em resposta à seca permite o estabelecimento de estratégias de manejo, para favorecer o desenvolvimento e a produtividade da cultura, e de irrigação, para reduzir os custos e identificar as fases em que a planta esteja mais susceptível aos efeitos do estresse (Cavalcante et al., 2009).

Os desafios de aumentar a produtividade agrícola diante da elevada demanda de alimentos para suprir as necessidades da população mundial tornam-se ainda maiores nas regiões em que a escassez hídrica é um fator limitante. A expansão das zonas áridas do globo tem aumentado a busca por informações acerca das respostas das plantas a seca, estratégias de manejo inovadoras e desenvolvimento de cultivares mais tolerantes.

A análise das respostas da planta ao estresse por seca exige a avaliação de vários parâmetros, haja vista a multiplicidade de mecanismos que conferem a adaptação a falta de água, sendo, portanto, uma resposta multigênica (Blum, 1997); dentre elas, o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, acúmulo de reguladores osmóticos, redução da pressão osmótica e manutenção de estruturas proteicas nas células (Bray, 1997).

O objetivo deste trabalho foi investigar a resposta de acessos de melão ao déficit hídrico durante os processos de germinação, desenvolvimento inicial e crescimento vegetativo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Importância econômica

Em 2016, a área ocupada com o cultivo de melão no Brasil foi de 23.105 hectares, alcançando a produção de 596.430 toneladas e o rendimento médio de 25,81 ton/ha (FAOSTAT, 2016), um acréscimo de 14,4% na produção em relação ao ano de 2015 (IBGE, 2016). O país conta com uma grande vantagem com relação a comercialização, já que o auge da safra de melão, de setembro a janeiro, coincide com a entressafra mundial (SENAR, 2007).

De agosto de 2013 a janeiro de 2014, o Ceará (CE) e o Rio Grande do Norte (RN) foram os dois estados que mais contribuíram com a produção nacional, 61,14% e 38,76%, respectivamente (MDIC/ALICE WEB, 2016). No RN, o polo fruticultor Mossoró-Assu, se destaca com a maior produção de melão do país (Santos & Santos, 2016). O sucesso produtivo do agropolo é atribuído a uma série de fatores que inclui condições edafoclimáticas favoráveis (Gurgel et al., 2008), investimento em pesquisas para o desenvolvimento de cultivares mais bem adaptadas e altos avanços tecnológicos, sobretudo nas técnicas de manejo de irrigação. A cadeia produtiva do melão promove a geração de emprego e renda no semiárido nordestino com destaque na participação de pequenos, médios e grandes produtores nos mercados nacionais e internacionais (Crisóstomo et al., 2002).

Os principais importadores do melão brasileiro, cerca de 90%, são de origem europeia e dão preferência aos frutos pequenos e arredondados, com exceção dos espanhóis que optam pelos frutos grandes e ovalados (Araújo, 2001).

Apesar da crise hídrica no Nordeste, e da queda de 8% na produtividade, alguns investidores têm aumentando a área produzida com a perfuração de poços mais profundos, com isso, as estimativas apontam para um pequeno crescimento de 2% na área potiguar/cearense de melão na safra 2017/18 frente a anterior, somando 12.545 hectares (Hortifruti Brasil, 2017).

Dados da Secretaria de Comércio Exterior mostram que os melões despontam como principal produto de exportação do Rio Grande do Norte no biênio 2016/2017, contribuindo com 35,53% da balança comercial do Estado no último ano (SECEX, 2018).

Aspectos da cultura

O meloeiro (*C. melo* L.) é uma cucurbitácea, típica de clima tropical, polimórfica, cujo centro de origem ainda não foi precisamente elucidado. Algumas teorias apontam à África

(Lepikk, 1966; Dane et al., 1980 apud Costa et al., 2000) como centro de origem da espécie, entretanto foi nos vales quentes do Irã e do Noroeste da Índia (Filgueira, 2008) que se deu a dispersão, chegando até as Américas nas embarcações conduzidas por Cristóvão Colombo (McCreight et al., 1993). Hoje, é possível encontrar cultivares de melão em várias regiões ao redor do mundo, graças a grande variabilidade genética que tem permitido a adaptação de diferentes tipos de melão a diversas condições ambientais. Dentro do gênero *Curcubita*, a espécie é a que apresenta a maior variabilidade fenotípica do gênero, observada principalmente em seus frutos (Staub et al., 2002), fato que consiste em uma importante fonte de germoplasma para programas de melhoramento.

A espécie apresenta plantas dicotiledôneas, anuais, herbáceas, com hastes e ramificações que variam de acordo com a cultivar, podendo alcançar até 3 metros de comprimento. O caule exibe crescimento rasteiro ou prostrado e é provido de nós com gemas, que podem diferenciar-se em gavinhas, importantes órgãos de sustentação (Pedrosa, 1997), folha, novo caule ou ramificação. As folhas são alternadas, simples, pentalobadas e providas de tricomas, também presentes no caule, que criam uma camada limite mais espessa fora dos estômatos, onde o teor de umidade é mais gradual, reduzindo a transpiração estomática. As raízes são fasciculadas, pouco profundas, de baixa capacidade de regeneração quando danificadas, e atingem o volume máximo nos 30 primeiros centímetros (Filgueira, 2003).

A espécie possui diferentes tipos de expressão sexual, as flores podem ser imperfeitas, quando apresentam apenas um órgão sexual por flor, e perfeitas ou hermafroditas, quando apresentam androceu e gineceu na mesma flor, em diferentes pontos da planta; as flores masculinas surgem em maior quantidade, de 3 a 5 flores por cacho, já as femininas ou hermafroditas são produzidas isoladamente (Oliveira et al., 2017).

Os frutos possuem aproximadamente 20 a 25 cm de diâmetro, casca lisa, enrugada ou rendilhada, formato redondo, oval ou oblongo e pesam, em média, de um a quatro quilos dependendo do tipo e da cultivar (Crisóstomo & Aragão, 2013).

O crescimento do meloeiro pode ser dividido em três fases distintas: a inicial, em que o crescimento é lento (até 15 dias após a germinação - DAG); intermediária, na qual o crescimento vegetativo se intensifica dos 25 aos 45 DAG e atinge o máximo, dependendo do genótipo cultivado, entre 60 e 75 DAG e a fase final em que ocorre um discreto ou nenhum aumento da massa foliar (Crisóstomo & Aragão, 2013).

Dentre as exigências climáticas da cultura, a temperatura, que é um dos fatores mais importantes para o bom desenvolvimento do melão, deve ficar entre 20 a 30° C, a umidade relativa do ar deve estar na faixa de 65 a 75% e a exposição solar deve ser de 2.000 a 3.000

horas por ano (SENAR, 2007). O solo deve ser preparado de modo a permitir boa drenagem e bom desenvolvimento radicular, os mais indicados são de textura média (franco-arenosos ou areno-argilosos) profundos e com níveis adequados de nutrientes e pH na faixa de 6,0 a 7,5 (Grangeiro et al., 2002). As fases mais críticas para exigência de água no meloeiro são as de floração, frutificação e formação dos frutos, de 18 a 45 dias após o plantio (Rodrigues, 1999). Ainda que considerado resistente ao déficit hídrico, o meloeiro apresenta expressiva área foliar e alta demanda transpiratória, o que eleva o consumo de água (Filgueira, 1981).

Andrade (2006) ressalta a importância da obtenção de informações mais seguras e confiáveis sobre a frequência e a lâmina de irrigação, haja vista a baixa capacidade de retenção de água do solo e alta demanda evaporativa do clima semiárido. O sistema de irrigação por gotejamento é o mais utilizado no cultivo do meloeiro nas principais regiões produtoras, em virtude da economia de água, maior eficiência de distribuição, fertirrigação e redução ao ataque de pragas e doenças. O gerenciamento da irrigação, por meio do ajuste das frequências e dos níveis de aplicação de água e controle dos déficits hídricos, é um método que pode melhorar o rendimento do meloeiro. (Pereira Filho et al., 2014).

Necessidade hídrica do meloeiro

No semiárido nordestino, a água é o fator que mais limita o aumento da produtividade agrícola, somado a isto a variabilidade das condições climáticas faz com que, em alguns anos, o suprimento hídrico seja suficiente para que as culturas atinjam altas produtividades, enquanto em outros anos pode levar a perda total das colheitas (Antonino et al., 2000).

A necessidade hídrica de uma planta é entendida como a quantidade de água perdida, em uma área cultivada, por evaporação do solo e transpiração das plantas (Allen et al., 1998). Tal necessidade é influenciada por fatores climáticos, disponibilidade hídrica no solo, cobertura do terreno (Doorembos & Kassan, 1979) e estágio de desenvolvimento da planta (Teixeira et al., 1999).

No meloeiro a necessidade hídrica pode variar de acordo com as condições climáticas da região onde a cultura estiver sendo explorada. Sob intensa evaporação e em solos com baixa capacidade de retenção, a necessidade de reposição de água pode atingir de 300 mm a 500 mm durante o ciclo de produção (Hartman et al., 1988; Sousa et al., 2011).

Nos locais em que a precipitação não satisfaz as exigências hídricas das culturas, os produtores utilizam a irrigação como alternativa para garantir a disponibilidade de água, elevar a produtividade da safra e permitir o retorno econômico (Dantas Neto et al., 2006). A frequência

e quantidade de aplicação de água, a uniformidade e eficiência de aplicação são parâmetros relevantes para alcançar boa produtividade (Howell et al., 1990). Quando a lâmina de irrigação é inferior a necessidade hídrica da cultura é gerado o estresse hídrico à planta afetando o número e tamanho das folhas e área foliar total (Hernandez, 1995).

O método de irrigação por gotejamento apresenta boa eficiência de aplicação de água e nutrientes e vários trabalhos tem mostrado a aplicabilidade desse sistema para o meloeiro (Costa et al., 2000; Coelho et al., 2001; Vásquez et al., 2005). A irrigação localizada por gotejamento superficial tem proporcionado incrementos médios de 64,5% no rendimento de frutos comerciais de melão quando comparado com os obtidos pelos produtores da região de Pernambuco e Bahia que utilizam o sistema de irrigação por superfície (Crisóstomo et al., 2002).

Trabalhos realizados por Aragão Júnior et al. (1991); Pinto et al. (1994) e Sousa et al. (2000) mostraram que o manejo de irrigação no meloeiro com maiores frequências condiciona o solo a manter-se com ótimo teor de água, (próximo a capacidade de campo) favorecendo o desenvolvimento da cultura e uma maior produtividade. Coelho et al. (1978) ao adotarem intervalos de rega acima de três dias observaram perda na produtividade e eficiência do sistema de gotejamento. Shmueli & Golberg (1971) constataram perda de 30% na produtividade quando a frequência de irrigação passou de um para cinco dias.

A evapotranspiração se constitui no principal elemento envolvido nas exigências hídricas das culturas, assim, o planejamento, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação são de grande importância para reduzir o consumo d'água (Costa, 1999), que se altera ao longo do ciclo fenológico da cultura. Um dos métodos de manejo da irrigação que se destaca por tentar aproximar ao máximo a quantidade ideal de água a ser oferecida à cultura é a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c). A ET_c é calculada multiplicando a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente da cultura (K_c) (Doorenbos & Pruitt, 1977).

Existe uma lista de valores de K_c para várias culturas (Allen et al., 1998), porém, esses valores devem ser ajustados para as condições edafoclimáticas de cada região. Alguns autores (Doorenbos & Kassam, 1979; Doorenbos & Pruitt, 1984; Marouelli et al., 1996) sugerem valores de K_c médios para o meloeiro: 0,40–0,50 (fase 1 ou inicial, da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo), 0,70–0,80 (fase 2, do final da fase inicial até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo, início de floração), 0,95–1,05 (fase 3, do final da fase 2 até o início da maturação) e 0,65–0,75 (fase 4, do final da fase 3 até a colheita).

Miranda & Bleicher (2001), trabalhando com lisímetro de pesagem e tanque Classe A, na Região Litorânea do Ceará, encontraram os seguintes valores de K_c para o melão: 0,21 (inicial), 0,21 a 1,21 (crescimento); 1,21 (intermediária) e 0,98 (final).

Teor de água no solo

O teor de água no solo é uma variável necessária para muitas aplicações que incluem o planejamento da irrigação para incremento da produção agrícola. Em um solo não saturado, a retenção da água pode ser explicada pelos fenômenos da capilaridade, quando a retenção ocorre nos poros capilares do solo e está sempre associada a uma interface curva água-ar, e adsorção, na qual os filmes de água ficam presos às superfícies das partículas do solo (Libardi, 2005). Uma estrutura ideal de solo permite um espaço poroso suficiente e contínuo para o movimento de água e gases e uma menor resistência do solo à penetração e crescimento de raízes e da parte aérea da planta (Kopi & Douglas, 1991).

Tradicionalmente, os limites de água disponível no solo são avaliados através das medidas da capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP) de amostras retiradas do solo de interesse, ambos determinados em laboratório, conforme Richards (1947). Considera-se como indicativo do PMP, o teor de água retida no solo sob tensão de -1,50 MPa e, como da CC, o retido a -0,033 MPa para solos argilosos e -0,010 MPa para arenosos (Souza et al., 2000). Para melão Cantaloupe cultivado em solo de textura média, Bezerra et al. (2004) encontraram os valores $0,180 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,099 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP), respectivamente, e para o melão pele-de-sapo cultivado em solo arenoso $0,100 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para CC e $0,058 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para PMP.

A curva de retenção de água no solo relaciona o volume de água no solo com a força (tensão) com a qual está retida e permite estimar a disponibilidade de água no solo para as plantas numa determinada profundidade (Silva et al., 2006). Na determinação da curva de retenção são empregadas equações matemáticas, e nelas, coeficientes que expressam diferentes propriedades do solo, como teor de argila, carbono orgânico, área superficial específica e densidade do solo (van den Berg et al., 1997).

A capacidade de retenção de água se divide entre água facilmente disponível (volume de água liberado entre 1 e 5 kPa de tensão), considerada acessível à planta; água tamponante (volume de água liberado entre 5 e 10 kPa de tensão), considerada menos acessível à planta, e água remanescente (volume de água que permanece no substrato após aplicar a tensão de 10 kPa), considerada inacessível à planta (de Boodt & Verdonck, 1972).

A lâmina de água que fica armazenada no solo e que pode-se tornar disponível à planta depende ainda do coeficiente de depleção (f), que está relacionado com a susceptibilidade da cultura ao estresse hídrico (Fischer & Hagan, 1965) e estabelece o ponto da água no solo em que não haverá perda de rendimento da cultura proveniente da demanda evaporativa; de modo que quanto maior for a demanda evaporativa, menores valores de f .

A medida da energia com que a água está retida pela fração sólida do solo ou potencial matricial pode ser realizada com o auxílio de instrumentos de medição direta como os tensiômetros, que realizam a medida *in situ*, com precisão e sensibilidade (Libardi, 2005) ou indireta como os TDR (*Time Domain Reflectometer*), que se baseiam no princípio da propagação de ondas eletromagnéticas através de hastes condutoras envoltas pelo solo (Souza et al., 2018).

Déficit hídrico

O déficit hídrico é, dentre os estresses abióticos, o que mais limita o crescimento e a produtividade das culturas (Polak & Wallach, 2001), dentre os efeitos fisiológicos mais drásticos está o decréscimo ou inibição da capacidade fotossintética (Bradford & Hsiao, 1982). Entende-se que o estresse é um desvio das condições ideais para a manutenção dos processos vitais, e, dessa forma, induz mudanças em todos os níveis funcionais dos organismos, que, em um primeiro momento, podem ser reversíveis, mas podem se tornar permanentes (Larcher, 2006).

As propriedades da água permitem aos seres vivos experimentarem a sobrevivência nos mais variados ambientes terrestres. Todos os componentes celulares, tais como proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, tem suas estruturas fortemente influenciadas pela molécula de água e seus produtos de ionização (Lehninger et al., 2002). A água é amplamente conhecida pelo seu papel de principal solvente (universal), e atua tanto como reagente, quanto como produto. (Cavalcante et al., 2009).

Desde a germinação e desenvolvimento inicial das espécies vegetais e em todos os passos subsequentes do metabolismo a água é um componente vital. A absorção de água inicia uma série de processos fisiológicos, morfogênicos e bioquímicos no interior da semente, que, na ausência de outro fator limitante, resultam na emergência da plântula. Ao monitorar o teor de água de sementes secas expostas ao processo de embebição, Bewley e Black (1994) observaram que a absorção de água obedece um padrão ordenado em três fases. No primeiro estágio, o componente matricial (Ψ_m) da semente direciona o movimento de água, fazendo com que haja

a retomada do metabolismo: o tegumento torna-se flácido, há o aumento do volume do embrião e dos tecidos de reserva. Na segunda fase, as células estão túrgidas, portanto, o componente matricial não mais influencia o processo; ocorre o equilíbrio entre os componentes osmótico ($\Psi\pi$) e de pressão (Ψ_p), o teor de água se estabiliza e são ativados os processos metabólicos que darão início o crescimento do embrião. A terceira fase é marcada pelo aumento no conteúdo de água, devido a sobrepujança, em termos de valores absolutos, do potencial osmótico sobre o componente da pressão. Nessa etapa decorre a divisão celular, o alongamento embrionário e a protrusão da radícula (Castro et al., 2004). Para que uma semente viável possa germinar são necessários: suprimento de água em quantidade suficiente; temperatura; substrato e uma composição de gases adequada, bem como de luz para determinadas espécies (Carvalho & Nakagawa, 2000). Geralmente, o estresse hídrico reduz a velocidade e taxa de germinação das sementes, de modo que, para cada espécie, existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorrerá (Ávila et al., 2007).

Como consequência da absorção por difusão do CO_2 , para a realização da fotossíntese, as plantas perdem água em grandes quantidades, dessa forma as plantas terrestres são desafiadas a manter o equilíbrio entre a quantidade de água absorvida e perdida (Taiz & Zeiger, 2009). Em condições de escassez hídrica, a turgescência é perdida e o volume celular diminui, cabendo a célula realizar o ajuste osmótico para assegurar a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular (Willadino & Camara, 2010). Para que as folhas e as raízes mantenham a turgidez e desempenhem as funções metabólicas que assegurem a sobrevivência da planta, o teor de água perdido por evapotranspiração (ET) é restabelecido a partir absorção de quantidade equivalente da solução do solo por meio do sistema radicular.

A transpiração auxilia o transporte e absorção de nutrientes quando estes são abundantes, mas o principal efeito desse processo é o resfriamento das folhas, condicionado ao controle estomático, que são mais sensíveis a falta de água do que a altas temperaturas (Milburn, 1979). Dessa forma, é estabelecido um fluxo de água do solo que atravessa a planta e atinge a atmosfera, formando um contínuo denominado solo-planta-atmosfera (Marengo & Lopes, 2005). Tais componentes estão fortemente interligados e o fluxo de água é dinâmico, de modo que a cultura depende da combinação desses três segmentos.

Plantas submetidas ao estresse hídrico podem resistir a desidratação encurtando seu ciclo de vida ou otimizando o ganho de recursos a longo prazo através de respostas de aclimação, ou, em situações de rápida desidratação, minimizar a perda de água ou exibir proteções metabólicas (induzidas ou constitutivas) contra os efeitos danosos de desidratação e consequente estresse oxidativo (Chaves et al., 2003). Algumas alterações morfológicas

observadas são: a redução do tamanho da planta e da folha, abscisão foliar, redução da massa seca e fresca da planta (parte aérea, frutos, caules e raiz) e aumento do volume radicular. Tais mudanças decorrem de respostas fisiológicas a variações no padrão de temperatura foliar (Dias & Marengo, 2007), condutância estomática (Kochler et al., 2007), potencial de água na folha (Bergonci et al., 2000), dentre outros.

Há vários tipos de respostas das plantas ao ressecamento, que competem pela manutenção do status hídrico e processos metabólicos, envolvendo mecanismos adaptativos em níveis fisiológico, celular e molecular (Marco et al, 2015 apud Reis et al., 2016). As respostas incluem a redução do potencial osmótico e perda de turgidez, acúmulo de substâncias solúveis na planta e aumento na quantidade de substâncias osmóticas que são transportadas pela água para as folhas (Kusvuran et al., 2011). Alguns dos solutos orgânicos que podem ser acumulados nas plantas são a prolina (Yamada et al., 2005; Slama, 2014), a citrulina (Kawasaki et al., 2000), os aminoácidos livres (Kusaka, et al., 2005), os carboidratos solúveis (Costa, 2015) e os poliálcoois (Ramanjulu & Bartels, 2002); a redução do potencial osmótico nas células facilita a absorção e retenção de água, e alguns metabólitos também contribuem com a manutenção das macromoléculas, desintoxicação de espécies reativas de oxigênio e evitando a má conformação ou desnaturação de proteínas (Xiong & Zhu, 2002).

As respostas da planta aos efeitos do estresse causado pela seca são controladas por eventos regulatórios complexos mediados pela sinalização do ácido abscísico (ABA), transporte de íons, e atividade de fatores de transcrição que afetam, principalmente, o controle estomático (Osakabe et al., 2014). A remoção de água promove perturbações na estrutura da bicamada lipídica das membranas por meio do deslocamento de proteínas, contribuindo com a perda de seletividade, interrupção da compartimentação celular e prejuízo na atividade enzimática (Mahajan & Tuteja, 2005).

O entendimento e a compreensão das relações com o meio mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas, advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo (Fancelli, 2003). Sob a perspectiva da Ecofisiologia vegetal, as investigações da tolerância a seca têm enfatizado a dinâmica das trocas gasosas (Long & Bernacchi, 2003; Konrad et al., 2005), relações hídricas (Cadena-Iñiguez et al., 2001; Mesquita et al., 2006; Carneiro et al., 2008), atividade fotoquímica (Huang et al., 2011; Lu & Zhang, 1999), etc. A obtenção dessas variáveis facilita a compreensão de como as espécies vegetais conseguem se estabelecer e evoluir sob clima semiárido, exteriorizando fenótipos condicionados pelo seu patrimônio genético. (Trovão et al., 2007).

O decréscimo da disponibilidade hídrica afeta fortemente características do meloeiro como área foliar, massa seca e a taxa de crescimento absoluto (Farias et al., 2003). No melão Cantaloupe, o déficit hídrico reduziu o número de frutos destinados ao mercado interno, bem como a massa média dos frutos comercializáveis (Medeiros et al., 2007). Para a cultivar F1 10/00 do tipo “amarelo”, Valnir Junior et al. (2013) verificaram que a restrição hídrica não implicou na redução do número de folhas da planta, tampouco no acúmulo de matéria seca da parte aérea.

Em condições semiáridas, no Texas, EUA, Sharma et al. (2014) avaliaram três cultivares de melão em condições de irrigação subsuperficial deficitária a 50% da ETc, em duas estações do ano; houve aumento na densidade de raízes para Mission (muskmelon; *reticulatus*), decréscimo para Da Vinci (tuscan; *reticulatus*) e nenhum efeito foi verificado para a densidade radicular do Super Nectar (honeydew; *inodorus*). As respostas ao déficit hídrico também variam de acordo com a fase fenológica. Avaliando diferentes lâminas de irrigação para uma cultura de melão cultivada sob clima semiárido em Albacete, Espanha, Fabeiro et al. (2002) observaram que quando o déficit é imposto na fase de floração, o principal prejuízo é observado na produção, quando a supressão hídrica ocorre na fase de enchimento dos frutos as perdas são quantitativas e qualitativas, e quando a rega diminui na fase de maturação, o conteúdo de açúcares solúveis é consideravelmente aumentado. Tais resultados corroboram o trabalho de Medeiros et al. (2000), que observaram a redução no teor de sólidos solúveis com a aplicação excessiva de água, na fase de enchimento dos frutos do melão ‘Gold Mine’, somado a isto, o ‘Torreon’ apresentou perda da polpa do fruto (Gondim et al., 2009). Sob condições de estresse hídrico, as plantas se utilizam de estratégias para completar o ciclo como mudanças no ciclo de divisão celular, vacuolização e alterações no arranjo da parede celular. Os mecanismos de aclimação incluem redução de área foliar (Farias et al., 2003), abscisão foliar (Benincasa, 1988), acentuado aumento no volume radicular (Sultan, 2000), fechamento estomático (Klein, 2014) e ajustamento osmótico (Dichio et al., 2006).

Genótipo de meloeiro tolerante a seca

Espécies de curcubitáceas, como as encontradas em desertos na Índia, resguardam potenciais genes de interesse, sobretudo os genótipos pertencentes ao grupo *Kachari* (*Cucumis melo* ssp. *agrestis*), que se desenvolvem em condições hostis de clima quente e seco, que não são viáveis à maioria das culturas. (Jatav et al., 2016). O AHK-119, um dos representantes do grupo, é amplamente cultivado por tribos indígenas em terras extremamente áridas como no

Deserto de Thar, no Rajastão, Índia (Maurya et al., 2006) e desperta o interesse de pesquisadores do Instituto Central de Horticultura Árida (no inglês, Central Institute of Arid Horticulture - CIAH), em Bikaner, Índia. Atualmente o AHK-119, é considerado um genótipo muito promissor na tolerância a seca. (Singh & Sarkar, 2014), tendo sido liberado para cultivo comercial (Pareek & Samadia, 2002). A produção e venda das sementes da cultivar AHK-119 tem gerado uma boa fonte de renda e atividades comerciais que levaram segurança e suporte de vida aos produtores na região de Thar (Meena et al., 2016).

São plantas precoces com frutos pequenos em formato oval, que pesam pouco mais de 50 g (Jatav et al., 2016) e assumem colorações que variam entre tons amarelo, castanho e verde. As sementes são abundantes, pequenas e macias. As flores masculinas aparecem entre o 27° e 28° dia após semeadura (DAS), e as femininas entre o 38° e 40° DAS. Os ramos são de médios a longos chegando a medir de 1,7-2,5 m. Em média surgem 22 frutos por ramo, gerando uma produção de 95-100 kg.ha⁻¹ (Pareek & Samadia, 2002).

Apresenta múltiplas aptidões para a culinária, dentre os padrões de consumo, os frutos podem ser ingeridos *in natura* ou em calda, em conserva, geleias, molhos picantes, desidratados, em pó combinado com outras especiarias e sucos (Meena et al., 2016). O fruto contém alto teor proteico (23.846±0.991 g/100g) e de carboidratos (61.214±0.615 g/100g), grande quantidade de alcaloides, que podem ser empregados na produção de agentes antiespasmódicos e anestésicos, e saponinas, que ajudam a melhorar o sistema imunológico, baixar os níveis de colesterol e reduzir os riscos de câncer intestinal (Mann et al., 2013).

Os recursos genéticos do AHK-119 oferecem alto potencial produtivo em regiões áridas e semiáridas, condições muito severas para a sustentabilidade das plantas. A conservação e utilização do germoplasma desta variedade em estudos de melhoramento provém informações sobre os mecanismos adaptativos que permitem a manutenção e propagação sob condições adversas do meio.

A complexidade da resposta das plantas ao estresse hídrico, que é controlada por diferentes genes, tem sido um grande desafio aos programas de melhoramento genético (Bernier et al., 2008). As respostas das cultivares, dentro de uma mesma espécie, podem diferir muito quando expostas a condições de déficit hídrico. Novos genes que exibem padrões de expressão em resposta a seca, fornecem uma base para estratégias efetivas de melhoramento das culturas (Hossain et al. 2016).

REFERÊNCIAS

- Ahuja, I.; de Vos, R. C.; Bones, A. M.; Hall, R. D. Plant molecular stress responses face climate change. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 12, p. 664–674. 2010.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements -FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO**, Rome, v. 300, n. 9, D05109. 1998.
- Andrade, M. E. L. de. **Crescimento e produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio**. 2006. 93p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2006.
- Antonino, A. C. D.; Sampaio, E. V. S. B.; Dall’Olio, A.; Salcedo, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 29-34. 2000
- Aragão Júnior, T. C., Magalhães, C. D.; Santos, C. D. Efeitos de níveis de umidade no solo em cultivares de melão (*Cucumis melo*, L.). **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará**, Fortaleza, n. 19, 16 p, 1991.
- Araújo, J. L. P. **Aspectos da produção e da comercialização do melão no mundo**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. 8 p.
- Araújo Neto, S.E.; Gurgel, F.L.; Pedrosa, J.F.; Ferreira, R.L.F.; Araújo, A.P. Produtividade e qualidade de genótipos de melão-amarelo em quatro ambientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n.1, p.104-107. 2003.
- Ávila, M. R.; Braccini, A. D. L.; Scapim, C. A.; Fagliari, J. R.; Santos, J. D. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106. 2007.
- Benincasa, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: UNESP. 1988. 41 p.
- Bergonci, J. I.; Bergamaschi, H.; Berlato, M. A.; Santos, A. O. Potencial da água na folha como indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1531-1540. 2000.
- Bernier, J.; Atlin, G. N.; Serraj, R., Kumar, A.; Spaner, D. Breeding upland rice for drought resistance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, n.6, p.927-939. 2008.
- Bewley, J.D.; Black, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- Bezerra, A. H. F., Levien, S. L. A., & Custódio, T. D. Determinação de Kc de melão e melancia utilizando os softwares SingleKcSIM e DualKcSIM. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-9, 2004.

Blum, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN E. (Ed.) **Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishing, p. 57-70. 1997.

Bradford K.J.; Hsiao T.C. Physiological Responses to Moderate Water Stress. In: Lange O.L., Nobel P.S., Osmond C.B., Ziegler H. (Eds.) **Physiological Plant Ecology II.**, Heidelberg: Springer, 1982. p. 263-324.

Bray, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 2, p. 48–54. 1997.

Cadena-Iñiguez, J.; Ruiz-Posadas, L. M.; Trejo-López, C.; Sánchez-García, P.; Aguirre-Medina, J. F. Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 7, n. 1, p. 21-35. 2001.

Carlos, H. D. A.; Sobrinho, J. E.; de Medeiros, J. F.; Costa, M. D. C.; do Nascimento, I. B.; Silva, M. C. D. C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 445-450. 2003.

Carneiro, R. L. D. C.; Ribeiro, A.; Martinez y Huaman, C. A., Leite, F. P.; Sedyama, G. C.; Bastos, N. F. D. Water consumption in eucalypt plantation: part 1 determination of stomatal conductance in irrigated and non-irrigated treatments. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 1-10. 2008

Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2000. 588p.

Carvalho, A. J. C.; Martins, D. P.; Monnerat, P. H.; Bernardo, S. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro amarelo: produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 06, p. 1101-1108, 2000.

Castro, R. D.; Hilhorst, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A. G.; Borghetti, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.149-162.

Cavalcante, A. C. R.; Cavallini, M. C.; Lima, N. R. C. de B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. 2009.

Chaves, M. M.; Maroco, J. P.; Pereira, J. S. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. **Functional plant biology**, v. 30, n. 3, p. 239-264. 2003.

Coelho, M. B.; Olitta, A. F. L.; ARAÚJO, J. P. Influência dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão. In: EMBRAPA SEMIÁRIDO, 1978, Petrolina. **Anais...Petrolina: EMBRAPA-CPATSA**, 1978.

Coelho, E. F.; Sousa, V. F.; Souza, V. A. B. Efeito de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 23-30. 2001.

Costa, M. C. **Efeito de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidades na cultura do meloeiro**. 1999. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Costa, N. D.; Pinto, J. M.; Lima Brito, L. T.; Soares, J. M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 491-495. 2000.

Costa, A. S.; Freire, A. L. O.; Bakke, I. A.; Pereira, F. H. F. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 705. 2015.

Costa, N. D.; Dias, R. D. C. S.; Faria, C. D.; Tavares, S. C. C. H.; Terao, D. **Cultivo do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000.

Crisóstomo, J. R.; Aragão, F. A. S. de. Melhoramento genético do meloeiro. In: Vidal Neto, F. das C.; Cavalcanti, J. J. V. (Eds.). **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 209-245.

Crisóstomo, L. A.; Santos, A. A., Van Raij, B.; Faria, C. M. B.; Silva, D. J.; Fernandes, F. M.; Cardoso, J. W. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa, 2002. 22p.

Dantas, A. C. D. A., Nunes, G. H. S., Araújo, I. S., & Albuquerque, L. B. Caracterização molecular de acessos de melão coletados no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 183-189. 2012.

Dantas Neto, J. D.; Figueredo, J. L. D. C.; Farias, C. D.; Azevedo, H. D.; Azevedo, C. D. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 283-288. 2006.

de Boodt, M. A. V. O.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. In: III SYMPOSIUM ON PEAT IN HORTICULTURE, 26. p. 37-44, 1971.

Dias, D. P.; Marengo, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311. 2007.

Dichio, B.; Xiloyannis, C.; Sofò, A.; Montanaro, G. Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and rewatering. **Tree physiology**, v. 26, n. 2, p. 179-185, 2006.

Doorenbos, J.; Pruitt, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, v. 24, n. 1, 1977. 179 p.

Doorenbos, J., Kassam, A.H. Yield Responses to Water. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, v. 33, n. 1, 1979.

Fabeiro, C.; de Santa Olalla, F. M.; De Juan, J. A. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. **Agricultural water management**, v. 54, n. 2, p. 93-105. 2002.

Fancelli, A. L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 9p.

Fao. **FAOSTAT**, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

Filgueira, F. A. R. Melão (Cucumis melo). In: Filgueira, F. A. R. **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p. 223-233.

Filgueira, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

Filgueira, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 402p.

Fischer, R. A.; Hagan, R. M. Plant water relations, irrigation management and crop yield. **Experimental Agriculture**, v. 1, n. 3, p. 161-177. 1965.

Gondim, A. R. D. O.; Negreiros, M. Z.; Medeiros, J. F.; Queirós Porto, D. R.; Menezes, J. B. Qualidade de melão Torreon cultivado com diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3. 2009.

Grangeiro, L.; Célio Filho, A. B.; Braz, L.; Gonçalves, F. **Cultivo de melão amarelo**. Jaboticabal: UNESP, 2002

Han, B.; Duan, X.; Wang, Y.; Zhu, K.; Zhang, J.; Wang, R.; Shen, W.. Methane protects against polyethylene glycol-induced osmotic stress in maize by improving sugar and ascorbic acid metabolism. **Scientific Reports**, v. 7, p. 46185, 2017.

Hartmann, H. T.; Kofranck, A. M.; Rubatzky, V. E.; Flocker, W. J. **Growth, development, and utilization of cultivated plants**. 2 ed. Pearson College Div, 1988. 752 p.

Hernandez, F.B.T. **Efeitos da supressão hídrica nos aspectos produtivos e qualitativos da cultura do melão**. 1995. Tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Howell, T.A.; Cuenca, R.H.; Solomon, K.H. Crop yield response. In: Hoffman, G.J., Howell, T.A., Solomon, K.H. (Org.). **Management at farm irrigations systems**. St. Joseph: The American Society of Agricultural Engineers, 1990. p. 93-122.

Hortifrut Brasil. Piracicaba: Cepea-USP/ESALQ, v. 174. 2017. Edição especial.

Hossain, M. A. et al. (Eds.). **Drought stress tolerance in plants**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 526 p.

Huang, Z.; Zou, Z.; He, C.; He, Z.; Zhang, Z.; Li, J. Physiological and photosynthetic responses of melon (Cucumis melo L.) seedlings to three Glomus species under water deficit. **Plant and soil**, v. 339, n. 1/2, p. 391-399, 2011.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Agropecuária: Produção agrícola municipal. 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

Jatav, M. K.; Sharma, B. D.; Samadia, D. K.; Meena, S. R. Effect of different sources of nitrogen on Kachari (*Cucumis melo*) performance in the arid region. **Annals of Arid Zone**, v. 55, p.35-39. 2016.

Kawasaki, S.; Miyake, C.; Kohchi, T.; Fujii, S.; Uchida, M.; Yokota, A. Responses of wild watermelon to drought stress: accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. **Plant and Cell Physiology**, v. 41, n. 7, p. 864-873. 2000.

Klein, T. The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and anisohydric behaviours. **Functional Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1313–1320. 2014.

Kochler, M.; Kage, H.; Stützel, H. Modelling the effects of soil water limitations on transpiration and stomatal regulation of cauliflower. **European Journal of Agronomy**, v.26, n.1, p.375-383, 2007.

Konrad, M. L. F.; Silva, J. A. B.; Furlani, P. R.; Machado, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347. 2005.

Kopi, A.J.; Douglas, J.T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. **Soil Use and Management**, v.7, p.52-56. 1991.

Kusaka, M.; Ohta, M.; Fujimura, T. Contribution of inorganic components to osmotic adjustment and leaf folding for drought tolerance in pearl millet **Physiologia Plantarum**, v. 125, n. 4, p. 474-489, 2005.

Kusvuran, Ş.; Daşgan, H. Y.; Kazım, A. B. A. K. Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, v. 21, n. 3, p. 209-219, 2011.

Kusvuran, S.; Dasgan, H. Y.; Abak, K. Citrulline is an important biochemical indicator in tolerance to saline and drought stresses in melon. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 1-8, 2013.

Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550 p.

Lehninger, A. L.; Nelson, D. L.; COX, M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 3 ed., 2002.

Libardi, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. v. 61. Edusp, 2005.

Long, S. P.; Bernacchi, C. J. Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. **Journal of experimental botany**, v. 54, n. 392, p. 2393-2401. 2003.

Lu, C.; Zhang, J. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 336, p. 1199-1206. 1999.

Mahajan, S.; Tuteja, N. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 444, n. 2, p. 139-158. 2005.

Mann, S.; Chaudhary, I.; Gupta, R. K. Value addition scenario of arid foods of desert area and evaluation of their nutritional and phytochemical potential. **International Journal of Pharmacy & Life Sciences**, v. 4, n. 1. 2013.

Marengo, R. A.; Lopes, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

Marouelli, W. A.; Silva, W. L. de C.; Silva, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996.

Maurya, I. B.; Arvindakshan, K.; Sharma, S. K.; Jalwania, R. Status of indigenous vegetables in southern part of Rajasthan. In: International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes. Prospectus For Fighting Poverty, Hunger And Malnutrition, 1, 2006.

Mccreight, J. D.; Nerson, H.; Grumet, R. Melon (*Cucumis melo* L.) In: Kaloo, G.; Bergh, B. **Genetic improvement of vegetable crops**. United Kingdom: Pergamon Press, 1993. p.167-294.

MDIC (Sistema AliceWeb) – Sistema de análise das informações de comércio exterior, 2016. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

Medeiros, J. D.; Santos, S. C. L.; Câmara, M. J. T.; Negreiros, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 538-543. 2007.

Medeiros, J. F.; Simões, A. N.; Alves, L. P.; Costa, M. C.; Scaloppi, E. J.; Menezes, J. B. Qualidade de melão amarelo cultivar ‘Gold Mine’ submetido a diferentes lâminas de irrigação e dois níveis de salinidade. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 614-615. 2000.

Meena, S. R.; Singh, R. S.; Sharma, B. D.; Singh, D. Most favourite traditional cucurbitaceous vegetables and their utilization pattern in Thar desert of the western Rajasthan, India. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 15, n. 3, p. 385-394. 2016.

Mesquita, A. C.; Oliveira, L. E. M.; Cairo, P. A. R.; Viana, A. A. M. Sazonalidade da produção e características do látex de clones de seringueira em Lavras, MG. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 633-639. 2006.

Milburn, J. A. **Water flow in plants**. London: Longman Group Ltd, 1979.

Miranda, F.R.; Bleicher, E. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na Região Litorânea do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 15 p.

Oliveira, F. I. C.; Nunes, A. C.; Silva, F. D.; Silva, G. T. M. A.; Aragão, F. A. S. A cultura do melão. In: Figueirêdo, M. C. B.; Gondim, R. S.; Aragão, F. A. S. (Eds.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 17-32.

Osakabe, Y.; Kajita, S.; Osakabe, K. Genetic engineering of woody plants: current and future targets in a stressful environment. **Physiologia plantarum**, v. 142, n. 2, p. 105–117. 2011.

Osakabe, Y.; Osakabe, K.; Shinozaki, K.; Tran, L. S. P. Response of plants to water stress. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 1-8. 2014.

Pareek, O. P.; Samadia, D. K. Promising Indigenous Cucurbit Varieties. **Indian Horticulture**, v.47, n. 2, p. 15-18. 2002.

Pedrosa, J.F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1997. 51 p.

Pereira Filho, J. V.; Bezerra, F. M. L.; Silva, A. R. A., Sousa, C. C. M.; Castro, J. M. Frequência de irrigação e aplicação de N em meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do Nordeste. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 11-22. 2014.

Pinto, J. M., Soares, J. M., Pereira, J. R., Choudhury, E. N., Choudhury, M. M. Efeitos de períodos e de frequências da fertirrigação nitrogenada na produção do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1345-1350. 1994.

Polak, A.; Wallach, R. Analysis of soil moisture variations in an irrigated orchard root zone. **Plant and Soil**, v. 233, n. 2, p. 145-159. 2001.

Ramanjulu, S.; Bartels, D. Drought-and desiccation-induced modulation of gene expression in plants. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 141-151, 2002.

Ranganathan, K.; Cooke, J. E.; El Kayal, W.; Equiza, M. A.; Vaziriyeganeh, M.; Zwiazek, J. J.. Over-expression of PIP2; 5 aquaporin alleviates gas exchange and growth inhibition in poplars exposed to mild osmotic stress with polyethylene glycol. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 8, p. 187, 2017.

Rauf, M.; Munir, M.; ul Hassan, M.; Ahmad, M.; Afzal, M. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. **African journal of biotechnology**, v. 6, n. 8, p. 971-975. 2007.

Reis, S. P.; Marques, D. N.; Lima, A. M.; Souza, C. R. B. Plant molecular adaptations and strategies under drought stress. In: HOSSAIN, M. A. et al. (Eds.). **Drought stress tolerance in plants**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 91-122.

Rodrigues, B. H. N. **Melão: recomendações de cultivo**. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE, 1999. 6 p.

Santos, J. R. P. Dos; Santos, J. M. dos. Estudo da competitividade das exportações de melão nos estados de Rio Grande do Norte e Ceará de 1997-2014. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 1. 2016.

SECEX (Secretaria de Comércio Exterior). **Balança comercial brasileira**: Estados. 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-unidades-da-federacao>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

SENAR. **Cultivo de melão**: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização, Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_recurso_didactico/Cartilha_melao_131_1.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2018.

Sharma, S. P.; Leskovar, D. I.; Crosby, K. M., Volder, A.; Ibrahim, A. M. H. Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 136, p. 75-85, 2014.

Shmueli, M.; Goldberg, D. Emergence, early growth, and salinity of five vegetable crops germinated by sprinkle and trickle irrigation in an arid zone. **Hort Science**, 1971.

Silva, E. M.; Lima, J. E. F. W.; de Azevedo, J. A.; Rodrigues, L. N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 323-330. 2006.

Singh, D. K.; Sarkar, M. Biodiversity of Cucurbitaceous Vegetable Crops in India. In: HAVEY, M. et al. (Eds.). **Cucurbitaceae 2014 Proceedings**. Bay Harbor: Michigan State University, 2014. p. 64-68.

Singh, A. K.; Srivastava, J. P.; Lal, J. P. Effect of PEG-6000 induced osmotic stress on germination, growth and nutrient uptake of two lentil [*Lens culinaris* (Medikus)] genotypes. **Journal of Food Legumes**, v. 29, n. 3-4, p. 188-194, 2016.

Skiryecz, A., Inzé, D. More from less: plant growth under limited water. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, n. 2, p. 197-203. 2010.

Slama, I.; Ben Rejeb, K.; Rouached, A.; Jdey, A.; Rabhi, M.; Talbi, O.; Abdelly, C. . Presence of proline in salinized nutrient solution re-enforces the role of this amino acid in osmoregulation and protects lipid membrane peroxidation in '*Arabidopsis thaliana*'. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 10, p. 1367. 2014.

Sousa, V. F.; Pinto, J. M.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Medeiros, J. F.; Santos, F. J.S. Irrigação e fertirrigação na cultura do melão. In: Sousa, V. F. de; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 659-687.

Sousa, V. F.; Coelho, E. F.; Andrade Junior, A. S.; Folegatti, M. V.; Frizzone, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 183-188. 2000.

Souza, C. D.; Oliveira, F. A. D.; Silva, I. F.; Amorim Neto, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342. 2000.

Souza, C. F.; Matsura, E. E.; Folegatti, M. V.; Coelho, E. F.; Or, D. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 12-25, 2018.

Staub, J. E.; Robbins, M. D.; López-Sesé, A. I. Molecular methodologies for improved genetic diversity assessment in cucumber and melon. In: J. D. Creight, ed., Proceedings XXVI IRC. Horticulture: Art and science for life- Advances in vegetable Breeding. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 642, p.41-47. 2002.

Sultan, Sonia E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in plant science**, v. 5, n. 12, p. 537-542, 2000.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

Teixeira, A. D. C.; de Azevedo, P. V.; da Silva, B. B.; Soares, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 413-416. 1999.

Trovão, D. M.; Fernandes, P. D.; Andrade, L. A.; Neto, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311. 2007.

Vale, N. M., Barili, L. D.; Rozzeto, D. S.; Coimbra, J. L. M.; Guidolin, A. F.; Köop, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 135-144. 2012.

Valnir M. J.; Lima, V. L. A., Gomes Filho, R. R., Carvalho, C. M., Soares, F. A. L.; Lima, S. C. R. V. Lâminas de irrigação e frequência de aplicação no crescimento do meloeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 1, p. 42-53.2013.

van den Berg, M.; Klamt, E.; van Reeuwijk, L.P.; Sombroek, W.G. Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention characteristics of Ferralsols and related soils. **Geoderma**, v. 78, n. 3-4, p. 161-180. 1997

Vásquez, M. A.; Folegatti, M. V.; Dias, N. D. S.; Silva, C. R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 137-143. 2005.

Willadino, L.; Camara, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23. 2010.

Xiong, L.; Zhu, J. K. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 131-139. 2002.

Yamada, M.; Morishita, H.; Urano, K.; Shiozaki, N.; Yamaguchi-Shinozaki, K.; Shinozaki, K.; Yoshida, Y. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 417, p. 1975-1981. 2005.

CAPÍTULO I

Identificação de acessos de melão tolerantes a diferentes déficits hídricos durante a germinação e desenvolvimento inicial

Resumo: O melão (*Cucumis melo* L.) é uma cultura de grande importância comercial para o nordeste do Brasil, sobretudo nos agropolos Mossoró-Assú-Baraúna (RN) e Baixo Jaguaribe (CE), principalmente graças as condições edafoclimáticas que favorecem a interação das cultivares com o ambiente. Notadamente, os períodos de estiagem recorrentes na região limitam a produtividade das culturas e a capacidade de suportar tal condição é de imensa importância econômica. A tolerância de muitas espécies à seca durante o estágio de germinação constitui uma vantagem porque leva ao estabelecimento dessas espécies em zonas de clima árido. Os testes de germinação sob estresse osmótico variável podem permitir a identificação de genótipos adaptados a diferentes condições climáticas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade de acessos de meloeiro para germinação quando submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. Os acessos avaliados pertencem a Coleção de Germoplasma de Cucurbitáceas do Laboratório de Recursos Genéticos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), dentre eles o AHK-119, um melão indiano tolerante a seca. O experimento foi dividido em dois ensaios. No primeiro, sementes de vinte e cinco acessos de melão (*C.melo* L.) germinaram em papel germitest umedecido com soluções de PEG-6000 nos potenciais 0,0; -0,2; e -0,4 MPa. O controle constou de sementes embebidas somente em água destilada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (25 x 3), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da radícula (CRA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da radícula (MSRA). Os acessos foram classificados de acordo com a eficiência de produção em: tolerantes (T), moderadamente tolerantes (MT) e susceptíveis (S). Um genótipo de cada classe - A-09 (T), A-16 (MT) e A-02 (S) -, o híbrido 'Goldex' e o AHK-119 foram testados para velocidade de germinação em dois níveis de potencial osmótico (0,0 MPa e -0,2 MPa). No primeiro ensaio, verificou-se efeito significativo de acessos e potencial osmótico para todos os caracteres avaliados. No segundo ensaio, não foi observado efeito significativo do potencial osmótico apenas para as características de GERM e CRA, e o efeito dos acessos foi constatado somente para os caracteres relacionados a matéria seca. Houve efeito significativo da interação acessos x potenciais para os caracteres CRA e MSPA, no primeiro ensaio, e IVG, MSPA, MSRA e massa seca total (MST), no segundo. A redução do potencial osmótico do substrato promovida pelo PEG 6000 provocou o decréscimo da germinação das sementes e do desenvolvimento inicial das plântulas de meloeiro a partir de -0,2 MPa. Os genótipos 'Goldex' e AHK-119 foram, respectivamente, o mais tolerante e o mais susceptível ao déficit hídrico na germinação.

Palavras-chave: seca, germoplasma, seleção.

ABSTRACT

Identification of melon accessions tolerant to different water stress during germination and seedling development

The melon (*Cucumis melo* L.) is a crop of great commercial importance for northeastern Brazil, especially in the Mossoró-Assú-Baraúna (RN) and Baixo Jaguaribe (CE), mainly thanks to the edaphoclimatic conditions that favor the interaction of the cultivars with the environment. Notably, recurrent drought periods in the region limit crop productivity and the ability to withstand such a condition is of immense economic importance. The tolerance of many species to drought during the germination stage is an advantage because it leads to the establishment of these species in arid climates. The tests of germination under variable osmotic stress can allow the identification of genotypes adapted to different climatic conditions. The aim of this work was to evaluate the variability of melon accessions to germination when submitted to water stress induced by PEG 6000. The evaluated accessions belong to the Collection of Germplasm of Cucurbitaceae of the Laboratory of Genetic Resources of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), among them AHK-119, a drought-tolerant Indian melon. The experiment consisted of two assays. In the first, seeds of twenty-five accessions of melon (*C.melo* L.) germinated on germitest paper moistened with solutions of PEG-6000 in the potential 0.0, -0.2 and -0.4 MPa. The control consisted of seeds soaked only in distilled water. The experimental design was in randomized blocks in a factorial scheme (25 x 3), with four replications. Germination percentage, shoot length, root length, dry shoot mass and dry mass of radicle, were the analyzed variables. The efficiency of production allowed the classification of the genotypes into tolerant (T), moderately tolerant (MT) and susceptible (S). A genotype of each class - A-09 (T), A-16 (MT) and A-02 (S) -, the Goldex hybrid and AHK-119 were been evaluated for germination speed index (IVG) at two levels of osmotic potential (0.0 MPa and -0.2 MPa). In the first trial, there was a significant effect of access and osmotic potential for all evaluated characters. In the second experiment, no significant effect of the osmotic potential was observed only for the characteristics of GERM and CRA, and the effect of the accessions was only verified for the traits related to dry matter. There was a significant effect of the interaction x potential accesses for the characters CRA and MSPA, in the first experiment, and IVG, MSPA, MSRA and total dry mass (MST), in the second. The reduction of the osmotic potential of the substrate promoted by PEG 6000 caused a decrease in seed germination and initial development of melon seedlings from -0.2 MPa. The genotypes 'Goldex' and AHK-119 were, respectively, the most tolerant and the most susceptible to water deficit in germination.

Key words: drought, germplasm, selection.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das culturas vegetais mais importantes do nordeste do Brasil, sobretudo nos agropolos Mossoró-Assú-Baraúna (RN) e Baixo Jaguaribe (CE). A produção é destinada a subsistência, mercado interno e exportação, além de gerar renda e qualidade de vida para pequenos e médios produtores. Araújo et al. (2003), destacam a importância da cultura para a região, tanto pela posição geográfica estratégica como pelas condições edafoclimáticas que favorecem a interação das cultivares com o ambiente, garantindo a produção de frutos de qualidade para atender as exigências dos importadores. A instalação de grandes empresas produtoras e exportadoras trouxe, além de altos investimentos tecnológicos e grande quantidade de insumos, o cultivo de sementes de híbridos simples, o que ocasionou a perda da variabilidade genética no germoplasma de meloeiro (Torres Filho et al., 2009).

A seca, fenômeno marcante no semiárido brasileiro, é o principal fator de estresse abiótico que limita a produtividade das culturas e a capacidade de suportar tal condição é de imensa importância econômica. No Nordeste, a crise hídrica reduziu a produtividade do melão em 8% no ano de 2017 (Hortifruti Brasil, 2017).

Apesar dos elementos destrutivos, o estresse é um fator positivo sob o aspecto da seleção, e impulsiona o aumento da tolerância e evolução adaptativa da planta (Pimentel, 2004). A compreensão dos mecanismos genéticos e bioquímicos que controlam a tolerância à seca se torna cada vez mais importante (Sharp et al., 2004).

Na germinação de sementes, a água desempenha papel fundamental na determinação das taxas de germinação e no desenvolvimento das plântulas (Macar et al., 2008). A relação das sementes com a água é regida por uma propriedade física, o potencial químico da água, ou potencial hídrico (Ψ_w), que condiciona o movimento da água das regiões de maior Ψ_w para as de menor Ψ_w .

Os testes de germinação sob estresse osmótico variável podem permitir a identificação de genótipos adaptados a diferentes condições climáticas. A tolerância de muitas espécies à seca durante o estágio de germinação constitui uma vantagem porque leva ao estabelecimento dessas espécies em zonas de clima árido, onde outras espécies mais sensíveis não podem colonizar (Rosa et al., 2005).

Os polietilenoglicóis (PEG) de alto peso molecular são muito utilizados para simular o estresse da seca nas plantas, visto que os agentes osmóticos não penetram as células e reduzem o potencial da água de maneira semelhante a secagem do solo (Larher et al., 1993), de modo

que, para cada espécie, existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (Ávila et al., 2007).

Os acessos conservados em coleções de germoplasma são importantes fontes de alelos que auxiliam a identificação de genitores com caracteres de interesse, e possibilitam a elaboração de estratégias para o andamento de etapas subsequentes de programas de melhoramento.

O objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade dos acessos de meloeiro para germinação de sementes e desenvolvimento inicial durante o déficit hídrico induzido pelo PEG 6000.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois ensaios, no primeiro foram analisadas as variáveis de crescimento e no segundo, o índice de velocidade de germinação (IVG)

Ensaio I

Foram avaliados vinte e cinco acessos de melão da Coleção de Germoplasma de Cucurbitáceas do Laboratório de Recursos Genéticos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), dentre eles a cultivar AHK-119, um melão indiano altamente tolerante a seca e propício ao cultivo em altas temperaturas (Samadia, 2007), como controle positivo. Para cada um dos genótipos foram tomadas 300 sementes, ao acaso, para a realização do teste de germinação e determinação da taxa de semeadura. Os acessos utilizados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica dos acessos utilizados no experimento. UFERSA, 2017.

Acesso	Grupo Botânico
AHK-119	<i>agrestis</i>
A-02	<i>cantaloupensis</i>
A-08	nd
A-09	<i>conomon</i>
A-10	<i>cantaloupensis</i>
A-12	nd
A-14	<i>cantaloupensis</i>
A-15	<i>momordica</i>
A-16	<i>conomon</i>
A-17	<i>conomon</i>
A-18	<i>cantaloupensis</i>
A-19	nd
A-22	<i>cantaloupensis</i>
A-24	<i>cantaloupensis</i>
A-25	<i>cantaloupensis</i>
A-27	nd
A-28	<i>cantaloupensis</i>
A-29	<i>cantaloupensis</i>
A-35	nd
A-37	<i>momordica</i>
A-39	<i>cantaloupensis</i>
A-41	<i>cantaloupensis</i>
A-42	<i>momordica</i>
A-43	<i>inodorus</i>
A-45	<i>inodorus</i>

nd: não definido na caracterização.

Local e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em agosto de 2017, no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró/RN, em câmaras de germinação do tipo *Biological Oxygen Demand* (BOD), com iluminação de 12 horas.dia⁻¹,

por meio de um conjunto de quatro lâmpadas fluorescentes (20 W) fixadas, garantindo uma densidade de fluxo de fótons aproximadamente $0,012 \text{ Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$ (Cardoso, 1995), sob temperatura constante de 25°C .

Para induzir o déficit hídrico durante a germinação, visando identificar os limites de tolerância à seca de cada genótipo, as sementes foram submetidas a três tratamentos com diferentes potenciais osmóticos (0,0; -0,2 e -0,4 MPa), induzidos por soluções de polietilenoglicol (PEG 6000). O nível zero corresponde a testemunha, na qual foi utilizada a água destilada. Para as soluções de PEG 6000, utilizou-se a metodologia sugerida por Villela et al. (1991). Os dados das concentrações de PEG 6000 com seus respectivos potenciais hídricos estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de soluto utilizado para o preparo das soluções nos diferentes níveis de potenciais de PEG 6000.

Concentrações de PEG 6000 (g/100 ml de água)	Potencial osmótico* (MPa)
0,0000	0,0
11,9571	- 0,2
17,8343	- 0,4

*Adaptado de Villela et al. (1991).

Para a germinação das sementes utilizou-se papel germitest tipo cel – 065 (ELO'S, São Paulo, Brasil), previamente esterilizado em estufa a 105°C durante duas horas. A metodologia adotada para o teste de germinação foi conduzida conforme as Regras de Análises de Sementes - RAS (Brasil, 2009). As folhas do papel de germinação foram umedecidas na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco, com cada uma das soluções de PEG 6000. Para evitar a dessecação das amostras, as vinte e cinco sementes foram dispostas uniformemente entre três folhas do papel germitest, embrulhadas em forma de rolos (Figura 1) e postas em sacos plásticos etiquetados com a identificação do genótipo, tratamento e repetição. Posteriormente, foram postas em posição vertical dentro da BOD. Após 8 dias foi realizada a contagem de sementes germinadas e demais análises.



Figura 1. Semeadura dos acessos em papel germitest umedecido com soluções de PEG-6000.

Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo a parcela constituída por 25 sementes. Os tratamentos foram arrançados esquema fatorial 25 x 3 (genótipos x potencias osmóticos). Considerando o efeito de genótipos como aleatório, a análise estatística foi realizada conforme o modelo estatístico 52 do software SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2007).

Variáveis analisadas

Porcentagem de germinação

Foi realizada uma classificação em três categorias: plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM). De acordo com Brasil (2009), as PN são aquelas que apresentam potencial para dar continuidade ao seu desenvolvimento e originar plantas normais. O critério de germinação adotado foi protrusão da raiz primária, maior ou igual a 2mm de comprimento. As PA são as que, mesmo crescendo sob condições favoráveis, não tem potencial para continuar seu desenvolvimento por falta de alguma das estruturas essenciais (sistema radicular, raiz primária, parte aérea, gemas terminais e cotilédones). Por último, as SM são aquelas que, ao término do teste, não estão duras ou dormentes, e apresenta aspecto amolecido, atacadas por microrganismos e não demonstram sinal de início de germinação. Os cálculos de porcentagem de germinação foram realizados utilizando a equação a seguir:

$$G = \left(\frac{N}{T} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 01})$$

em que:

G: porcentagem de sementes germinadas

N: número de sementes (normais, anormais ou mortas)

T: número total de sementes

Comprimento da parte aérea e radícula

A medição do comprimento deu-se concomitante ao teste de germinação. Com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, foram avaliadas todas as plântulas classificadas como normais (PN) para cada repetição. Posteriormente foi obtida a média dos valores de comprimento dividindo o somatório das medidas da parte aérea e da radícula pela quantidade de plântulas avaliadas, obtendo-se valores em cm/plântula.

Massa seca da parte aérea e radícula

Para a determinação de massa seca para cada acesso e tratamento, o hipocótilo foi separado da radícula e, ambos, acondicionados em sacos de papel devidamente identificados. A secagem das amostras foi realizada em uma estufa com circulação de ar forçada, regulada para $65 \pm 3^\circ\text{C}$, até massa constante com pesagem em balança analítica. Os resultados foram expressos em g/plântula.

Índice de eficiência de produção (IEP)

A partir dos dados de porcentagem de germinação, comprimento e massa seca foram obtidas as médias genótípicas para cada um dos acessos avaliados. Adotou-se a metodologia proposta por Fageria (1991) para classificar genótipos quanto a tolerância à salinidade a partir das médias genótípicas acrescidas da interação genótipo-ambiente (Equação 02 e Tabela 03). Os acessos foram classificados em: tolerantes (T), moderadamente tolerantes (MT) e susceptíveis (S).

$$\text{IEP} = \left(\frac{\text{PANE}}{\text{PMANE}} \right) \times \left(\frac{\text{PBNE}}{\text{PMBNE}} \right) \quad (\text{Eq. 02})$$

em que:

IEP: Índice de eficiência de produção;

PANE: produção sob alto nível de estresse;

PMANE: produção média sob alto nível de estresse;

PBNE: produção sob baixo nível de estresse;

PMBNE: produção média sob baixo nível de estresse.

Tabela 3. Intervalos de classificação dos genótipos de plantas cultivadas quanto a tolerância ao estresse hídrico, com base na redução da produção de matéria seca.

Índice de eficiência de produção	Classificação
0 - 0,50	Susceptível
0,51 - 0,99	Moderadamente tolerante
> 1	Tolerante

* Adaptado de Fageria (1991).

Ensaio II

Para o teste do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizada a triagem de um acesso para cada grupo de classificação do primeiro ensaio. Os genótipos A-02, A-16 e A-09 foram selecionados para as categorias susceptível, moderadamente susceptível e tolerante, respectivamente. O genótipo AHK-119 e o híbrido comercial 'Goldex', que ocupa grandes áreas de produção na região Nordeste, também foram avaliados. A caracterização dos genótipos utilizados no experimento, a partir dos descritores dos frutos está representada na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização de acessos de meloeiro a partir de descritores do fruto. UFERSA, 2017.

Acesso	Grupo	CC	CP	NF	MF	PR
A-02	<i>Cantaloupe</i>	Am	Br	5,2	1,4	58,6
A-09	<i>Conomon</i>	Am	Br	4,0	0,6	26,3
A-16	<i>Conomon</i>	Am	Br	11	0,4	42,9
AHK-119	<i>Agrestis</i>	Ve	Br	13	0,05	100
'Goldex'	<i>Inodorus</i>	Am	Br	1,4	1,2	16,6

CC: cor da casca; CP: cor da polpa; NF: número de frutos/planta; MF: massa média dos frutos (kg); PR: produtividade (ton.ha⁻¹); Am: amarela; Ve: verde; Br: branca.

Local e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em outubro de 2017, no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró/RN.

Repetiu-se a metodologia utilizada no teste de germinação, no entanto, considerando a interrupção da germinação de plântulas normais no potencial osmótico -0,4 MPa, para o IVG foram aplicados os potenciais 0,0 MPa e -0,2 MPa.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo a parcela constituída por 25 sementes. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 5 x 2 (genótipos x potenciais osmóticos). Considerando o efeito de genótipos como aleatório, a análise estatística foi realizada conforme o modelo estatístico 52 do software SELEGEN-REML/BLUP.

Variáveis analisadas

Diariamente, durante 7 dias, foi realizada a contagem para cada parcela e registradas as quantidades de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas. Ao final foram analisadas as variáveis de comprimento de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz, massa seca total e percentual de germinação (Eq. 01) seguindo o mesmo protocolo adotado no ensaio I.

Índice de velocidade de germinação

O IVG foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a sementeira e a germinação, de acordo com a fórmula proposta Maguire (1962):

$$IVG = \left(\frac{G_1}{N_1}\right) + \left(\frac{G_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{G_n}{N_n}\right) \quad (\text{Eq. 03})$$

em que:

IVG: índice de velocidade de germinação

G1, G2, G3, ..., Gn: número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem

N1, N2, N3, ..., Nn: número de dias após a semeadura na primeira, segunda, terceira e última contagem

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precisão experimental

Para ambos ensaios foram obtidas as estimativas do coeficiente de variação (CV), que fornecem ideia de precisão experimental; quanto menor o valor do CV, maior a precisão experimental. A baixa dispersão dos dados, dentro de cada tratamento, foi verificada apenas para a porcentagem de germinação (GERM) e IVG no segundo ensaio. (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, componentes de variância, acurácia, coeficiente de variação genotípica e residual obtidos via REML individual para cinco caracteres avaliados em 25 acessos de meloeiro submetidos a três potenciais osmóticos na semeadura. UFRSA, 2017.

Efeito	LRT (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)				
	GERM (%)	CPA (cm)	CRA (cm)	MSPA (g)	MSRA (g)
Efeito fixo					
Potencial osmótico (P)	319,8**	3,88**	35,60**	58,70**	87,76**
Efeito aleatório					
Acessos (A)	3,88*	5,56*	22,61**	7,04**	3,86*
A x P	0,54 ^{ns}	0,51 ^{ns}	3,38**	8,99**	0,73 ^{ns}
h^2_m	0,77	0,84	0,94	0,77	0,98
Ac_g	0,88	0,92	0,97	0,88	0,96
CV (%)	26,01	37,65	18,20	39,68	42,26
c^2	0,11	0,01	0,11	0,28	0,07
r_{loc}	0,63	0,73	0,87	0,62	0,98
Potencial			Média		
0,0 MPa	71,80	6,76	8,16	0,159	0,036
- 0,2 MPa	37,72	2,00	6,91	0,108	0,013

GERM: porcentagem de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CRA: comprimento da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSRA: massa seca da raiz. LRT: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. h^2_{mg} : Herdabilidade média; Ac_g : Acurácia seletiva; r_{loc} : correlação entre potenciais osmóticos; CV (%): Coeficiente de variação ambiental. ns: não significativo.

Tabela 6. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, componentes de variância, acurácia, coeficiente de variação genotípica e residual obtidos via REML individual para sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na sementeira. UFERSA, 2017.

Efeito	LRT (Aleatório) - F (Fixo)/ (Caráter)						
	GERM (%)	IVG	CPA (cm)	CRA (cm)	MSPA (g)	MSRA (g)	MST (g)
Efeito fixo							
Potencial osmótico (P)	0,40 ^{ns}	24,10 ^{**}	6,27 ^{**}	2,71 ^{ns}	60,94 ^{**}	53,55 ^{**}	66,47 ^{**}
Efeito aleatório							
Acesso (A)	0,00 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}	67,56 ^{**}	94,56 ^{**}	62,70 ^{**}
A x P	0,71 ^{ns}	29,61 ^{**}	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	99,61 ^{**}	99,87 ^{**}	95,27 [*]
h^2_m	0,01	0,43	0,01	0,01	0,57	0,22	0,53
Ac_g	0,12	0,66	0,08	0,11	0,76	0,47	0,72
CV (%)	7,94	7,82	66,24	52,16	19,37	25,32	19,72
c^2	0,12	0,64	0,01	0,00	0,58	0,84	0,63
r_{loc}	0,02	0,28	0,23	0,34	0,40	0,12	0,36

GERM: porcentagem de germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CRA: comprimento da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSRA: massa seca da raiz; MST: matéria seca total. LRT: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. h^2_{mg} : Herdabilidade média; Ac_g : Acurácia seletiva; r_{loc} : correlação entre potenciais osmóticos; CV (%): Coeficiente de variação ambiental.

Resende e Duarte (2007) destacam a importância de contemplar a abordagem genética nos ensaios de avaliação de cultivares e não apenas exclusivamente os dados estatísticos. Sob essa perspectiva, sugerem o uso da acurácia seletiva (Ac_g) como parâmetro relevante para a avaliação da qualidade de um experimento. Esta medida tem a vantagem de abranger, simultaneamente, o coeficiente de variação experimental, o número de repetições e o coeficiente de variação genotípica. Elevada acurácia indica alta precisão das inferências das médias genotípicas, pois tem a propriedade de informar sobre o correto ordenamento dos genótipos (Resende, 2002).

De acordo com a classificação apresentada por Resende e Duarte (2007), acurácias no intervalo ($0,90 \leq Ac_g \leq 0,99$) são classificadas como muito altas, nesta categoria foram incluídos

os caracteres: comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRA) e matéria seca da raiz (MSRA) do ensaio 1 (Tabela 5). Acurácias no intervalo ($0,70 \leq Ac_g \leq 0,89$) são classificadas como altas, observadas para porcentagem de germinação (GERM) e matéria seca da parte aérea (MSPA) no ensaio 1 (Tabela 5). Com efeito, considerando a estimativa de acurácia obtida, pode-se afirmar que o primeiro ensaio foi conduzido com elevada precisão. As possíveis razões que contribuíram para a alta precisão experimental foram a condução cuidadosa do ensaio, em especial na preparação, bem como as condições homogêneas dentro dos germinadores.

Por outro lado, para o segundo ensaio, as acurácias foram elevadas apenas para os caracteres MSPA e MST (Tabela 6), para o índice de velocidade de emergência foi considerada intermediária (IVG) ($0,50 \leq Ac_g \leq 0,69$), indicando moderada precisão experimental, e reduzidas para os demais caracteres, indicando baixa precisão experimental. A baixa precisão foi atribuída a diferença na qualidade dos lotes de sementes utilizados nos ensaios, uma vez que a condução do segundo ensaio se deu nas mesmas condições do primeiro.

Efeito fixo - Potencial osmótico

O efeito do potencial osmótico mostrou-se significativo ($p < 0,01$) para todos os caracteres estudados no ensaio 1, e, no ensaio 2, para IVG, CPA e todos os caracteres relacionados a massa seca (Tabelas 5 e 6), indicando que as diferentes concentrações de PEG 6000 tem um efeito expressivo sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas dos genótipos avaliados. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos de germinação e vigor de sementes dos híbridos de melão ‘Gold Mine’ (Pinheiro et al., 2017), Diplomata F₁ (Pinheiro et al., 2016), Eldorado 300, Gaúcho Redondo, Eldoce KF e AF 682 (Secco et al., 2010).

No primeiro ensaio, o limite máximo de tolerância para germinação de plântulas normais de meloeiro foi verificado no intervalo entre -0,2 e -0,4 MPa, o mesmo também pode ser observado para a germinação de Smellmelon (*Cucumis melo* var. *dudaim* Naud.) (Sohrabikertabad et al., 2013). No meloeiro, a fase inicial de desenvolvimento da cultura requer a manutenção constante da umidade ótima do solo para garantir a alta germinação e o estabelecimento bem-sucedido de plântulas (Sharma et al., 2014).

Para que a plântula se desenvolva é necessário que haja a mobilização das reservas nutritivas que compreendem polissacarídeos, proteínas e lipídeos (Corte et al., 2006). Quando se atingem potenciais hídricos muito negativos, sobretudo no início da embebição, uma

sequência de eventos bioquímicos é inviabilizada (Mikusinsk, 1987), inclusive o alongamento celular e a hidrólise de macromoléculas imprescindíveis à germinação (Kerbaux, 2004; Pimentel, 2004).

Possivelmente, quando o potencial hídrico foi reduzido, a quantidade de água livre no meio não foi suficiente para hidrolisar os nutrientes, sobretudo os mais inertes e polimerizados, e dar continuidade ao desenvolvimento das plântulas. O processo de mobilização das reservas envolve uma série de enzimas hidrolíticas que catalisam a degradação das biomoléculas. Os carboidratos solúveis, por exemplo, são prontamente metabolizados, a partir de um nível adequado de umidade, no interior da semente dando suporte ao desenvolvimento inicial e formação do eixo embrionário (Marcos Filho, 2015).

De modo geral, a germinação das sementes dos acessos testados decresceu progressivamente com a redução da umidade, de modo que, no potencial hídrico -0,4 MPa não foi verificada a ocorrência de plântulas normais. Os genótipos que mantiveram as taxas de germinação mais elevadas nos diferentes tratamentos foram o A-39 (IEP = 1,44) e o A-25 (IEP= 1,40)

Na avaliação de quatro lotes de melão do híbrido 'Gold Mine', Pinheiro et al. (2017) obtiveram maiores valores de germinação entre o intervalo 0,0 e -0,3 MPa. Na germinação de sementes de pepino cv. Caipira, Matias et al. (2015) observaram a máxima capacidade germinativa, na presença da solução osmótica, no tratamento -0,2 MPa, e a alta porcentagem de germinação (90%) até o potencial osmótico -0,4 MPa. A taxa de germinação de sementes de melão-de-São Caetano (*Momordica charantia* L.) também foi negativamente influenciada pela redução do potencial osmótico, e a partir de -0,6 MPa os valores de germinação caíram drasticamente (Parreira et al., 2011).

A média do potencial osmótico (0,0 MPa) foi superior àquela verificada no potencial -0,2 MPa (Tabelas 5 e 6) em todas as variáveis analisadas, exceto GERM e CRA no segundo ensaio (Tabela 6). Não foram observadas diferenças, pelo teste F, entre as médias destes caracteres.

As respostas das plantas por escassez hídrica são complexas e envolvem adaptações e/ou efeitos deletérios, as estratégias para lidar com a seca variam de acordo com o genótipo (Chaves et al., 2002), duração, severidade e estágio de desenvolvimento da planta (Pelegrini et al., 2013).

Plântulas sob moderado déficit hídrico apresentaram um crescimento incipiente, levando a um menor acúmulo de matéria seca (Marur et al., 1994 apud Mohammadkhani & Heidari, 2008). O primeiro efeito mensurável do déficit hídrico é a redução no crescimento causada pela redução na expansão celular, que aparentemente é mais sensível que a divisão

celular (Kramer, 1974; Begg & Turner, 1976). Percebe-se que, a medida que o Ψ_w decresce, a absorção de água pelas sementes, é reduzida, inibindo a síntese e/ou a atividade de enzimas hidrolíticas necessárias à germinação. Assim, a restrição hídrica ao afetar o alongamento celular e a síntese de parede, compromete os processos fisiológicos e bioquímicos das sementes (Moraes & Menezes, 2003).

Efeitos aleatórios

Genótipos

No primeiro ensaio, verificou-se efeito significativo de acessos para todos os caracteres avaliados, indicando heterogeneidade na resposta genotípica. As estimativas de herdabilidade média ($h^2_m > 0,75$) confirmam a variabilidade no grupo de acessos avaliados e menor efeito ambiental (Falconer et al., 1996) (Tabela 5).

A capacidade de germinação sob potencial hídrico reduzido pode diferir entre espécies e dentro da mesma espécie (Frasier et al., 1985; Saleki et al., 1993; Mohammadkhani & Heidari, 2008).

No segundo ensaio, constatou-se efeito de acesso somente para os caracteres relacionados a matéria seca (parte aérea, raiz e total) (Tabela 6). O coeficiente de herdabilidade intermediário para MSPA e MST indica relativa equivalência entre diferenças genéticas e ambientais, enquanto que para MSRA foi reduzido, sugerindo um efeito ambiental mais expressivo.

A herdabilidade é um parâmetro genético que depende da população e das condições ambientais (Ramalho et al., 2012). Assim, as prováveis explicações para as reduzidas estimativas de herdabilidade estão no fato de apenas cinco acessos serem avaliados e na menor precisão experimental (menor acurácia e maior coeficiente de variação).

Não existem estimativas de herdabilidade para o meloeiro sob estresse hídrico e são raros os estudos da espécie em tais condições. Trabalhos apontam para variabilidade no germoplasma dessa cucurbitácea, especialmente nos acessos oriundos da Índia (Dhillon et al., 2012) e Turquia (Kusvuran, 2012).

O conhecimento da diversidade genética entre um grupo de indivíduos da mesma espécie é de grande importância para os estudos de melhoramento, sobretudo para a identificação de combinações híbridas de maior heterozigose (Carvalho et al., 2002). Destarte, estudos que comprovam a existência de variabilidade genética são importantes para a identificação e sistematização de descritores eficientes para o estudo de programas de melhoramento.

Interação Acessos x Potencial osmótico

Verificou-se efeito significativo da interação acessos x potenciais ($p < 0,05$) para os caracteres CRA e MSPA, no primeiro ensaio (Tabela 5), e IVG, MSPA, MSRA e MST, no segundo ensaio (Tabela 6). A presença da interação evidencia comportamento diferencial dos genótipos (acessos) nos diferentes ambientes (potenciais).

Variedades com ampla adaptação e boa estabilidade reduzem a interação genótipo x ambiente (G x A), tornando mais fácil a seleção e a recomendação dos genótipos (Carvalho et al., 2002).

O componente c^2 (qui-quadrado), que mede quanto a interação influenciou na variância fenotípica, constatou baixíssima influência da interação no ensaio 1 (Tabela 5), enquanto no segundo ensaio houve elevada participação da interação na manifestação fenotípica (Tabela 6). Nos caracteres sem a presença da interação não ocorre comportamento diferencial dos acessos nos dois potenciais estudados.

A interação é desmembrada em componentes simples e complexo. O primeiro, ocorre devido as magnitudes das diferenças de variabilidade entre os genótipos e o segundo, depende da correlação genética dos genótipos nos ambientes (Cruz & Castoldi, 2015). A correlação genotípica média da performance dos acessos, através dos ambientes (r_{loc}), fornece a confiabilidade de quão constante é o ordenamento dos acessos e, indiretamente, indica a participação da parte complexa na interação. Assim, as estimativas de r_{loc} intermediárias a elevadas no primeiro ensaio decorreram em razão da baixa influência da interação genótipos por ambientes (Tabela 5). Por outro lado, no segundo ensaio, as estimativas de r_{loc} foram reduzidas, indicando maior participação do componente complexo na interação (Tabela 6).

Variáveis analisadas

Porcentagem de germinação

Por meio do teste de germinação de sementes em laboratório é possível realizar a predição dos genótipos mais aptos a produzir uma planta normal em condições de campo. A porcentagem de germinação corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas normais, sob as condições e períodos especificados nos tratamentos (Brasil, 2009).

Para essa característica, os acessos que obtiveram maiores índices de classificação no primeiro ensaio foram A-39, A-25 e A-14. No segundo teste o 'Goldex' obteve o maior índice,

no entanto os demais genótipos apresentaram bons índices para percentual de germinação; foram ainda classificados como tolerantes o AHK-119 e o A-09.

A classificação distinta para os acessos A-09, A-16 e AHK-119 entre os dois ensaios pode ser explicada pela diferença da qualidade dos lotes e a idade das sementes utilizadas nos testes. Em ambos ensaios, nenhum dos acessos foi classificado como susceptível para o percentual de germinação.

De acordo com Sousa et al. (2008) fatores intrínsecos e extrínsecos podem afetar a germinação. A longevidade é uma característica geneticamente determinada e corresponde ao período em que a semente permanece viva e a viabilidade corresponde ao período em que a semente realmente vive, sendo determinado pela interação entre os fatores genéticos e fatores ambientais. Os fatores que influenciam os componentes bióticos da germinação incluem a genética e o vigor da planta progenitora, as condições climáticas de maturação das sementes e circunstâncias de armazenamento das sementes.

Comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento radicular (CRA)

Do teste com 25 genótipos, os acessos A-09, A-14 e A-19 foram classificados como os mais tolerantes para CPA e o A-14, A-39 e A-37 os mais tolerantes para CRA. Notadamente o CRA foi a característica que mais afetou a produção dos acessos, sendo que apenas 8 foram classificados como tolerantes (Tabela 7). No segundo ensaio, todos os genótipos obtiveram bons índices de classificação para a característica. Nenhum dos acessos avaliados foi classificado como susceptível para CPA no primeiro ensaio, e para CPA e CRA no segundo.

O ganho de crescimento se dá pela divisão e expansão celular a partir da entrada de água nas células, concluindo a terceira fase do processo de embebição (Bewley & Black, 1994), e pode ser influenciada pelo tipo e idade da célula, hormônios e condições ambientais, como a disponibilidade hídrica (Taiz & Zeiger, 2009).

Em uma célula em crescimento, a parede celular afrouxa irreversivelmente graças as forças geradas pela pressão de turgor (Ψ_p), aumentando a área de superfície e volume, o que reduz o estresse na parede e o Ψ_p , num processo denominado relaxamento do estresse (Taiz & Zeiger, 2009). A planta depende da continuidade da divisão celular, iniciação de primórdios de tecidos e órgãos, diferenciação e alongamento de celular para atingir sua forma característica (Fischer, 1973). O crescimento das células vegetais vai ocorrer mediante sucessivo relaxamento da parede celular e absorção de água, até o ponto em que a água no meio se torne um fator limitante.

A redução do potencial hídrico da fonte de água, nesse caso ocasionado pelo incremento de PEG-6000, diminuiu o gradiente para captação de água, resultando em menor potencial de pressão do embrião. Se o potencial de pressão é insuficiente para superar a contenção das paredes celulares ou dos tecidos envoltos, o crescimento não irá ocorrer (Bradford, 1995).

A viscosidade do PEG-6000 também pode ter sido um fator que contribuiu para a redução do crescimento, já que a reduz a solubilidade e a difusão do O₂ mesmo com potenciais hídricos relativamente altos, dificultando o transporte do gás oxigênio até a superfície da raiz para atender as necessidades respiratórias da planta (Mexal et al., 1975), além de acelerar a produção de etanol pelo processo de fermentação, afetando negativamente a qualidade fisiológica da semente (Kerbaudy, 2004).

Para melhorar a resistência à seca é imposta uma relação de troca com o crescimento e capacidade competitiva, sendo vantajoso apenas dentro de uma gama limitada de condições (Levitt, 1980). As plântulas viabilizam um menor crescimento para manter reserva energética e garantir o metabolismo de manutenção e, assim, conseguir sobreviver sob as condições atípicas do estresse o qual estão submetidas.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca radicular (MSRA)

No primeiro ensaio, os acessos que exibiram os maiores índices para MSPA foram A-14, A-39 e A-09 e para MSRA, A-42, A-43 e A-45 (Tabela 7). Para o segundo ensaio, apenas o 'Goldex' foi classificado como tolerante para ambas variáveis (Tabela 9).

O maior investimento em biomassa da raiz é uma estratégia para lidar com ambientes mais secos (Carmona-Lara et al., 2008), essa característica foi observada na maior parte dos acessos do primeiro ensaio, que, sob estresse, alocaram mais reservas para o sistema radicular em detrimento da parte aérea.

A distribuição da biomassa seca na plântula é resultado de um conjunto de processos metabólicos e de alocação das reservas, que governam o fluxo através de um sistema fonte-dreno. O crescimento e arranjo dos tecidos parecem ser geneticamente controlados, mas de acordo com a teoria do particionamento ótimo (*Optimal Partitioning Theory*) as plantas respondem as condições impostas pelo meio alocando biomassa para o órgão que adquire o recurso mais limitante (Bloom et al., 1985).

A resposta para o aumento na fitomassa radicular não foi acompanhado pelo crescimento. Este resultado corrobora a ideia de que o alongamento celular é mais afetado pelo déficit de umidade do que a divisão celular (Vaadia et al., 1961).

A tolerância à seca envolve efeitos coordenados que determinam estratégias de resistência por meio de características constitutivas, quando os fenótipos de resistência à seca são expressos até mesmo em condições favoráveis, ou através de mudanças plásticas no fenótipo (Reynolds et al., 2017).

Índice de velocidade de germinação (IVG)

Sob déficit hídrico, os genótipos ‘Goldex’ e A-09 apresentaram as maiores médias genotípicas para o IVG (Tabela 8), muito superiores aos demais genótipos que obtiveram uma redução considerável da velocidade de germinação diante da redução do potencial hídrico.

A redução do IVG está relacionada ao decréscimo do potencial osmótico da solução de PEG-6000, que resultou em menor absorção de água pela semente retardando a mobilização de reservas e provocou atraso na germinação.

De acordo com Popiginis (1985) múltiplos fatores podem controlar a velocidade de germinação, incluindo a espécie, a permeabilidade do tegumento, disponibilidade hídrica, área de contato semente/água, temperatura, forças intermoleculares, composição química e condição fisiológica da semente.

O estresse hídrico pode reduzir a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, das mais sensíveis às mais resistentes (Bewley & Black, 1994). O conhecimento de como os fatores ambientais influenciam a germinação das sementes permite que eles sejam controlados para otimizar a velocidade e uniformidade de germinação, resultando na produção de mudas mais vigorosas (Pandey et al., 2000; Bewley & Black, 1994). O retardo na velocidade de germinação pode submeter as sementes a condições desfavoráveis de umidade, temperatura, ataque de patógenos, acarretando prejuízos ao desempenho das sementes (Peske & Delouche, 1985).

Classificação dos acessos

No primeiro ensaio, os acessos classificados como tolerantes para todos os caracteres foram A-09 e A-39, seguidos pelos acessos A-10, A-14, A-29, A-37 e A-42, classificados como tolerantes em quatro caracteres (Tabela 7). O acesso indiano AHK-119, usado como testemunha por ser classificado como altamente tolerante a seca e propício ao cultivo em altas temperaturas, em território indiano (Jatav et al., 2016), não foi classificado como tolerante para nenhum dos caracteres, sendo moderadamente tolerante para GERM, CPA e MSRA, e suscetível para CPR

e MSPA (Tabela 7).

No segundo ensaio, o 'Goldex' se destacou com elevadíssimos índices (7,78 a 9,82) para os caracteres MSPA, MSRA e MST e índices pouco superiores a 1,0 para os caracteres GERM, IVG, CPA e CRA. O híbrido sofreu maior redução da matéria quando submetido ao déficit hídrico em relação aos outros acessos (Tabela 8), porém por possuir elevada matéria seca quando comparado aos demais, em razão do índice adotado, apresentou elevado valor para o índice de eficiência de produção. Sugere-se, neste caso, que fatores genéticos do híbrido possam ter contribuído, haja vista a expressiva quantidade de matéria exibida pela planta, que sobressai diante dos demais acessos. Popinigis (1985) atribui a maior resistência dos híbridos a capacidade de rápido crescimento em virtude da eficiência metabólica, sobretudo da atividade mitocondrial.

O segundo acesso de maior destaque foi o A-09 com índices superiores a 1,0 para os caracteres IVG e MSRA, sendo classificado como tolerante ao déficit hídrico para esses caracteres e moderadamente tolerante para os demais (Tabela 9).

Os acessos AHK-119, A-02 e A-16 foram classificados como suscetíveis quando se considerou apenas os caracteres relacionados a matéria seca (MSPA, MSRA e MST) (Tabela 9), não obstante terem sido classificados como tolerantes e, ou, moderadamente tolerantes para os demais caracteres. Tais respostas podem indicar um efeito limiar, de modo que certa supressão hídrica pode ser tolerada, mas em condições mais severas a tensão supera a tolerância dos acessos.

Os índices de seleção representam um caráter adicional, estabelecido pela combinação ótima das várias características analisadas, o que permite que se realize com eficiência a seleção simultânea em vários caracteres (Cruz et al.,2004).

Tabela 7. Índice de eficiência, adaptado por Fageria (1991), para cinco caracteres avaliados em 25 acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura. UFERSA, 2017.

Acesso	Índice (Caráter)				
	GERM	CPA	CRA	MSPA	MSRA
AHK - 119	0,60	0,51	0,02	0,05	0,71
A - 02	0,90	0,87	0,27	0,21	0,73
A - 08	1,06	1,32	0,77	1,76	0,75
A - 27	1,10	1,10	0,94	1,20	0,78
A - 10	1,26	1,15	2,20	1,76	0,80
A - 12	0,91	0,78	0,04	0,06	0,82
A - 14	1,29	1,37	8,70	6,82	0,85
A - 15	0,94	0,83	0,74	0,67	0,87
A - 16	0,77	0,98	0,73	0,98	0,92
A - 17	0,80	1,03	0,09	0,31	0,90
A - 18	0,77	1,28	0,50	0,45	0,95
A - 19	0,93	1,33	1,46	1,45	0,97
A - 22	0,82	0,89	0,51	0,56	1,00
A - 24	1,28	0,88	0,50	0,46	1,03
A - 25	1,40	1,07	0,58	0,76	1,05
A - 09	1,04	1,39	2,80	3,11	1,08
A - 28	0,99	0,71	0,48	0,17	1,11
A - 29	0,74	1,00	1,70	1,25	1,13
A - 35	0,76	0,70	0,01	0,03	1,16
A - 37	1,14	0,96	4,17	3,00	1,19
A - 39	1,44	1,24	4,37	4,45	1,22
A - 41	1,03	0,92	0,84	0,97	1,24
A - 42	0,94	1,06	1,02	1,22	1,27
A - 43	1,27	1,05	0,45	0,69	1,30
A - 45	1,05	0,90	0,90	0,74	1,33

GERM: porcentagem de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CRA: comprimento da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSRA: massa seca da raiz.

 Suscetível
  Moderadamente tolerante
  Tolerante

Tabela 8. Médias genotípicas de sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na semeadura. UFRSA, 2017.

Acesso	$\mu + \hat{g} + \hat{g}e$ (Caráter)						
	GERM	IVG	CPA	CRA	MSPA	MSRA	MST
$\Psi_w = 0,0$ MPa							
Goldex	94,16	58,082	2,833	6,313	0,492	0,121	0,613
AHK-119	94,11	61,349	2,844	6,335	0,050	0,015	0,065
A-02	92,24	50,333	2,834	6,289	0,173	0,043	0,216
A-09	91,10	64,730	2,838	6,284	0,121	0,049	0,169
A-16	90,39	56,105	2,827	6,293	0,084	0,025	0,109
$\Psi_w = - 0,2$ MPa							
Goldex	94,28	56,666	1,585	4,753	0,096	0,006	0,102
AHK-119	90,51	24,367	1,580	4,731	0,000	0,000	0,000
A-02	91,99	26,478	1,581	4,710	0,000	0,000	0,000
A-09	91,60	52,324	1,573	4,690	0,030	0,003	0,033
A-16	94,61	36,337	1,583	4,735	0,005	0,000	0,005

GERM: porcentagem de germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CRA: comprimento da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSRA: massa seca da raiz; MST: matéria seca total.

Tabela 9. Índice de eficiência, adaptado por Fageria (1991), para sete caracteres avaliados em cinco acessos de meloeiro submetidos a dois potenciais osmóticos na sementeira. UFERSA, 2017.

Acesso	Índice (Caráter)						
	GERM	IVG	CPA	CRA	MSPA	MSRA	MST
GOLDEX	1,04	1,44	1,00	1,01	9,85	7,78	9,52
AHK-119	1,00	0,66	1,00	1,01	0,00	0,00	0,00
A-02	0,99	0,58	1,00	1,00	0,01	0,00	0,01
A-09	0,98	1,49	0,99	0,99	0,74	1,60	0,84
A-16	1,00	0,89	1,00	1,00	0,09	0,05	0,08

GERM: porcentagem de germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; CPA: comprimento da parte aérea; CRA: comprimento da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSRA: massa seca da raiz; MST: matéria seca total.

 Suscetível  Moderadamente tolerante  Tolerante

CONCLUSÕES

A redução do potencial osmótico do substrato promovida pelo PEG 6000 provocou o decréscimo da germinação das sementes e do desenvolvimento inicial das plântulas de meloeiro a partir de -0,2 MPa. O desenvolvimento de plântulas normais foi inibido entre os potenciais -0,2 e -0,4 MPa para todos os acessos testados.

Os genótipos ‘Goldex’ e A-09 apresentaram as maiores médias genotípicas para o IVG, os demais tiveram um decréscimo considerável diante da redução do potencial osmótico.

Dentre os genótipos avaliados, o ‘Goldex’ e o AHK-119 foram, respectivamente, o mais tolerante e o mais susceptível, ao déficit hídrico na germinação.

REFERÊNCIAS

Araújo, J.L.P.; Vilela, N.J. Aspectos socioeconômicos. In: Silva, H. R. da; Costa, N.D. (Ed). **Melão: produção aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Hortaliças; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. p.15-18.

Ávila, M. R.; Braccini, A. D. L.; Scapim, C. A.; Fagliari, J. R.; Santos, J. D. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106. 2007.

Begg, J. E.; Turner, N. C. Crop water deficits. **Advances in agronomy**, v. 28, n., p. 161-217. 1976.

Bewley, J.D.; Black, M. Seeds: physiology of development and germination. 2 ed. New York: **Plenum Press**, 1994. 445p.

Bloom, A. J.; Chapin III, F. S.; Mooney, H. A. Resource limitation in plants-an economic analogy. **Annual review of Ecology and Systematics**, v. 16, n. 1, p. 363-392, 1985.

Bradford, K.J. Water relations in seed germination. In: KIJEL, J.; GALILI, G. (ed.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995, p.351-395.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Regras para análise de sementes, 1.ed., Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

Cardoso, V.J.M. Germinação e fotoblastismo de sementes de *Cucumis anguria*: influência da qualidade da luz durante a maturação e secagem. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 75-80, 1995.

Carmona-Lara, M. D. P.; Foroughbakhch, R.; Flores-Valdés, A.; Alvarado, M. A.; Guzmán-Lucio, M. A. Flora cactológica e espécies associadas na área natural protegida de Sierra Corral de los Bandidos, Nuevo León, México. **Revista Mexicana de Biodiversidade**, v. 79, n. 2, p. 307-323, 2008.

Carvalho, C. G. P.; Arias, C. A. A.; Toledo, J. F. F.; Almeida, L. A.; Souza Kiihl, R. A.; Oliveira, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 989-100, 2002.

Chaves, M. M.; Pereira, J. S.; Maroco, J.; Rodrigues, M. L.; Ricardo, C. P. P.; Osório, M. L.; Pinheiro, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of botany**, v. 89, n. 7, p. 907-916, 2002.

Corte, V. B.; Pontes, C. A.; Mathias, A. D. A.; Ventrella, M. C.; Borges, E. E. D. L.; Leite, I. T. D. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.941-949, 2006.

Cruz, C. D.; Castoldi, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Ceres**, v. 38, n. 219, 2015.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004.480 p.

Dhillon, N. P.; Monforte, A. J.; Pitrat, M., Pandey, S.; Singh, P. K.; Reitsma, K. R.; McCreight, J. D. Melon landraces of India: contributions and importance. **Plant Breeding Reviews**, v. 35, p. 85-150. 2012.

Fageria, N.K. Tolerância de cultivares de arroz à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.281-288, 1991.

Falconer, D. S.; Mackay, T. F.; Frankham, R. Introduction to quantitative genetics **Trends in Genetics**, v. 12, n. 7, p. 280, 1996.

Fischer, R. A. Effect of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. In: **Plant Response to Climatic Factors Proceedings of the uppsala Symposium**. p. 233-241.1973.

Frasier, G. W.; Cox, J. R.; Woolhiser, D. A. Emergence and survival response of seven grasses for six wet-dry sequences. **Journal of Range Management**, p. 372-377, 1985.

Hortifrut Brasil. Piracicaba: Cepea-USP/ESALQ, v. 174. 2017. Edição especial.

Jatav, M. K.; Sharma, B. D.; Samadia, D. K.; Meena, S. R. Effect of different sources of nitrogen on Kachari (*Cucumis melo*) performance in the arid region. **Annals of Arid Zone**, v. 55, p.35-39. 2016.

Kerbauy, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Kramer, P. J. Fifty years of progress in water relations research. **Plant Physiology**, v. 54, n. 4, p. 463-471, 1974.

Kusvuran, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

Larher, F.; Leport, L.; Petrivalsky, M.; Chappart, M. Effectors for the osmoinduced proline response in higher plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 31, n. 6, p. 911-922, 1993.

Levitt, J. **Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses**. New York: Academic Press, 1980. 497 p.

Macar, T. K.; Turan, Ö.; Ekmekçi, Y. Effects of Water Deficit Induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars and Lines at Early Seedling Stages. G.U. **Journal of Science**, v. 22, n. 1. p. 5-14. 2008.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

Marcos Filho, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

Matias, J. R.; SILVA, T. C. F.; OLIVEIRA, G. M.; ARAGÃO, C. A.; Dantas, B. F. Germinação de sementes de pepino cv. Caipira em condições de estresse hídrico e salino. **Sodebras**, v. 10, n. 113, p. 33-39, 2015.

Mexal, J.; Fisher, J. T.; Osteryoung, J.; Reid, C. P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. **Plant Physiology**, v. 55, n. 1, p. 20-24, 1975.

- Mikusinsk, O. M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.9, n.3, p.103-108. 1987.
- Mohammadkhani, N.; Heidari, R. Water stress induced by polyethylene glycol 6000 and sodium chloride in two maize cultivars. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 1, p. 92-97, 2008.
- Moraes, G. A. F.; Menezes, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.219-226, 2003.
- Pandey, H.; Nandi, S. K.; Nadeem, M.; Palni, L. M. S. Chemical stimulation of seed germination in *Aconitum heterophyllum* Wall. and *A. balfourii* Stapf.: important Himalayan species of medicinal value. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 1, p. 39-48, 2000.
- Parreira, M. C.; Cardozo, N. P.; Fidelis Giancotti, P. R.; Aguiar da Costa Alves, P. L. Germinação de sementes de melão-de-são-caetano sob variação de água, luz e temperatura. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 363-370, 2011.
- Pelegriani, L. L.; Borcioni, E.; Nogueira, A. C.; Soares Koehler, H.; Ghislaine Quoirin, M. G. Efeito do estresse hídrico simulado com nacl, manitol e peg (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n.2. 2013.
- Peske, S.T.; Delouche, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.69-85, 1985.
- Pimentel, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.
- Pinheiro, D. T.; Silva, A. L.; Silva, L. J.; Sekita, M. C.; Santos Dias, D. C. F. Germinação e ação antioxidante em sementes de melão submetidas a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 336-342.2016.
- Pinheiro, D. T.; Dias, D. C. F. D. S.; Araújo, J. D. O. Germination of melon seeds under water and thermal stress. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 440-447. 2017.
- Popinigis, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, v. 2, 1985.
- Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. D. F.; Santos, J. D.; Nunes, J. A. R **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.
- Resende, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- Resende, M. D. V de. **Selegen-Reml/Blup: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- Resende, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, 2007.

Reynolds, V. A.; Anderegg, L. D.; Loy, X.; HilleRisLambers, J.; Mayfield, M. M Unexpected drought resistance strategies in seedlings of four *Brachychiton* species. **Tree physiology**, p. 1-14, 2017.

Rosa, L. S.; Felippi, M.; Nogueira, A. C.; Grossi, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (Timbó). **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.306-314. 2005.

Saleki, R.; Young, P. G.; Lefebvre, D. D. Mutants of *Arabidopsis thaliana* capable of germination under saline conditions. **Plant Physiology**, v. 101, n. 3, p. 839-845, 1993.

Samadia, D. K. Arid Vegetables. In: Peter, K. V. (Ed.). **Underutilized and Underexploited Horticultural Crops**. New Delhi: New India Publishing, 2007. p. 153-174.

Secco, L. B.; Queiroz, S. O.; Dantas, B. F.; SOUZA, Y. D.; SILVA, P. D. Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 4, n. 4, p. 129-135, 2010.

Sharma, S. P.; Leskovar, D. I.; Crosby, K. M., Volder, A.; Ibrahim, A. M. H. Root growth, yield, and fruit quality responses of *reticulatus* and *inodorus* melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 136, p. 75-85, 2014.

Sharp, R. E.; Poroyko, V.; Hejlek, L. G.; Spollen, W. G.; Springer, G. K.; Bohnert, H. J.; Nguyen, H. T. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. **Journal of experimental botany**, v. 55, n. 407, p. 2343-2351, 2004.

Sohrabikertabad, S.; Ghanbari, A.; Mohassel, M.; Mahalati, M. N.; Gherekhloo, J. Effect of desiccation and salinity stress on seed germination and initial plant growth of *Cucumis melo*. **Planta daninha**, v. 31, n. 4, p. 833-841. 2013.

Sousa, M. P.; Braga, L. F.; Braga, J. F.; Delachiave, M. E. A. Germinação de sementes de *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae): temperatura e fotoblastismo. **Revista Árvore** (online), v.32, n.1, p.51-57, 2008.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

Torres Filho, J.; Sousa Nunes, G. H. D.; Cavalcanti Vasconcelos, J. J.; Costa Filho, J. H. D.; Guimarães Costa, G. Caracterização morfológica de acessos de meloeiro coletados no nordeste brasileiro. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.

Vaadia, Y.; Raney, F. C.; Hagan, R. M. Plant water deficits and physiological processes. **Annual review of plant physiology**, v. 12, n. 1, p. 265-292, 1961.

Villela, F. A.; Doni Filho, L.; Sequeira, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1957-1968, 1991.

CAPÍTULO II

Avaliação fisiológica e de crescimento de genótipos de melão submetidos ao déficit hídrico durante o desenvolvimento vegetativo

As plantas terrestres enfrentam o desafio de manter um equilíbrio entre a quantidade de água absorvida pelas raízes e perdas para a atmosfera altamente desidratante. Sob condições ambientais potencialmente causadoras de estresse abiótico, como o Nordeste do Brasil, as plantas precisam desenvolver mecanismos de adaptação e resistência. As respostas das plantas à seca competem pela manutenção do status hídrico e dos processos metabólicos, envolvendo mecanismos adaptativos em níveis fisiológicos, celulares e moleculares que podem diferir de acordo com as espécies, cultivares, tecidos analisados, duração e intensidade do estresse. O objetivo desse estudo foi avaliar a resposta de acessos de meloeiro, durante o crescimento vegetativo, para parâmetros fisiológicos e de crescimento sob déficit hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, Mossoró/RN. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com três repetições. Os tratamentos -controle (CTR), déficit moderado (DM) e déficit severo (DS) -, consistiram na aplicação de três níveis de reposição hídrica considerando a água facilmente disponível (AFD) e diferentes coeficientes de depleção. No tratamento controle, a água foi repostada até a capacidade de campo (CC), nas demais a restituição foi deficitária em 5% e 10% da lâmina de reposição. Para cada tratamento foi estabelecida uma tensão crítica, decisiva para o momento da rega. A umidade dos vasos foi monitorada diariamente com o auxílio de tensiômetros convencionais e eletrônicos. Todas as análises foram realizadas na fase de floração após 30 dias da aplicação ininterrupta dos tratamentos (48 DAS). O déficit hídrico (DH) e os acessos (A) tiveram efeito significativo para teor relativo de água na folha (TRA) e potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}), e a interação acesso (A) x déficit hídrico (DH) para TRA e Ψ_{wf} ao meio dia. Não foi constatado efeito significativo de A, DH e interação A x DH para temperatura foliar (TF), condutância estomática (gs) e danos nas membranas. As respostas dos acessos às variáveis de crescimento diâmetro do caule (DC), número de folhas por planta (NFP), altura da planta (AP), massa seca foliar (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) foram significativamente influenciadas pelo efeito de A, o efeito do DH não foi significativo apenas para AF. A densidade de raízes (ρ_r) não sofreu interação com o efeito fixo, nem aleatório. O efeito aleatório dos acessos se manifestou para a maioria dos caracteres de crescimento e todos mostraram perdas de produtividade com o aumento do déficit hídrico. Os genótipos ‘Goldex’ e A-02 apresentaram maior tolerância e o AHK-119 mostrou-se o mais sensível ao déficit hídrico.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., crescimento vegetativo, estresse hídrico.

Physiological and growth evaluation of melon genotypes submitted to water deficit during vegetative development

Terrestrial plants face the challenge of maintaining a balance between the amount of water absorbed by the roots and lost to the highly dehydrating atmosphere. Under environmental conditions potentially causing abiotic stresses, such as northeastern Brazil, plants need to develop mechanisms of adaptation and resistance. The responses of plants to dryness compete for the maintenance of water status and metabolic processes, involving adaptive mechanisms at physiological, cellular and molecular levels that may differ according to species, cultivar, tissues, duration and intensity of stress. The objective of this study was to evaluate the response of melon accessions, during vegetative growth, to physiological parameters and growth under water deficit. The experiment was conducted in a greenhouse of the Department of Environmental and Technological Sciences of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró/RN. The experimental design was a randomized block design, in a 5 x 3 factorial scheme, with three replications. The treatments - control (CTR), moderate deficit (MD) and severe deficit (SD) - consisted in the application of three levels of water replenishment considering easily available water and different coefficients of depletion. In the CTR, the water supply was up to the field capacity (CC), in the others the restitution was deficient in 5% and 10% of the replacement blade. For each treatment a critical tension was established, decisive for the irrigation moment. Conventional and electronic tensiometers monitored vessels moisture daily. All analyzes were performed in the flowering phase, intermediate to the crop cycle, after 30 days of uninterrupted application of the treatments (48 days after germination). The water deficit (WD) and the accessions (A) had a significant effect on relative water content (RWC) and leaf water potential (Ψ_{wf}), and the interaction between access (A) and water deficit (WD) for RWC and Ψ_{wf} by noon. There was no significant effect of A, WD and interaction A x WD for foliar temperature, stomatal conductance (g_s) and membrane damage. The responses of the accessions to the growth variables stem diameter, number of leaves per plant, plant height, dry leaf mass, dry stem mass, dry mass of the aerial part and leaf area were significantly influenced by the effect of A, the effect of DH was not significant only for FA. Root density did not interact with the fixed or random effect. The random effect of the accesses was manifested for most of the growth characters and all showed productivity losses with the increase of the water deficit. The genotypes 'Goldex' and A-02 presented higher tolerance and the AHK-119 showed the most sensitive to the water deficit.

Keywords: *Cucumis melo* L., crescimento vegetativo, estresse hídrico.

INTRODUÇÃO

O déficit hídrico afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas em todo o mundo. A variação no status hídrico das folhas exerce forte influência sobre os processos de transpiração, fotossíntese, respiração e crescimento (Hsiao, 1973). A restrição hídrica aumenta a resistência a difusão do vapor de água em virtude do fechamento estomático, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese.

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) ocupa posição de destaque no cenário agrícola do Nordeste brasileiro, concentrando grande parte da produção no Vale do São Francisco (Bahia e Pernambuco) e, principalmente, no Polo Jaguaribe-Açu (Ceará e Rio Grande do Norte), responsáveis por pelo menos 97% das exportações brasileiras na última década (Celin et al., 2014). Dentro do gênero *Curcubita*, o *C. melo* é a espécie que apresenta o maior polimorfismo (Staub et al., 2002), condição que desperta o interesse pela possibilidade de expressão de diferentes fenótipos em uma população.

Embora o meloeiro apresente excelente adaptação às condições edafoclimáticas predominantes no Nordeste do Brasil, alguns problemas ainda precisam ser contornados, dentre eles a escassez hídrica. A irregularidade na distribuição de chuvas associada as altas temperaturas, predominantes no semiárido, são potencialmente causadoras de estresses abióticos e tais efeitos refletem mecanismos de adaptação e resistência das plantas diante das condições impostas pelo ambiente. As respostas podem diferir de acordo com a espécie, cultivar, tecidos analisados, duração e intensidade do estresse (Campos et al., 2004). Em decorrência da complexidade das respostas das plantas a seca, avaliar o nível de tolerância com um único parâmetro têm uma importância bastante limitada (Pandey et al., 2016), dessa forma faz-se necessária a análise e correlação de diferentes parâmetros para uma melhor compreensão dos efeitos causados pela imposição do estresse.

O crescimento vegetal é restrito às zonas meristemáticas e depende da expansão celular que é severamente afetada pela falta de água, resultando em alterações metabólicas como a redução da parte aérea da planta (Taiz & Zeiger, 2009). A transpiração também sofre os efeitos negativos da escassez hídrica; com o fechamento estomático a perda de calor latente é reduzida, o que provoca o aumento na temperatura foliar (Tanner, 1963), assim a medição dessa variável pode ser um forte indicativo de deficiência hídrica.

As espécies capazes de garantir a manutenção de maiores teores de água nos tecidos apresentam maior resistência à seca. A medição direta do potencial hídrico das células foliares pode ser obtido com a aplicação de uma pressão até a exsudação da seiva pelo xilema por meio

de uma câmara de pressão (Marenco & Lopes, 2005), altos potenciais são encontrados em plantas capazes de desenvolver um sistema radicular mais profundo e explorar maior volume de solo (Markhart, 1985).

Quando a quantidade de água disponível é adequada para atender as exigências hídricas durante o ciclo da cultura, o rendimento máximo é alcançado (Barros et al., 2002). Richards (1947) define água total disponível (ATD) como teor de umidade entre a Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha Permanente (PMP) para uma dada profundidade de exploração raízes no solo. Em condições de baixo potencial hídrico, Albuquerque (2000) destaca o uso do termo água facilmente disponível (AFD) ao invés de ATD, já que o teor de água não deve atingir o PMP. Para o cálculo da AFD é estabelecido um coeficiente de depleção (f) que indica o grau de resistência que a planta encontra para retirar a água do solo sem haver perda de rendimento por demanda evaporativa, de modo que $f=1$ representa o solo sem água disponível. Alguns estudos (Ramos et al., 2002; Barros Junior et al., 2008; Heinemann et al., 2009), adotam diferentes coeficientes de depleção para simular condições de restrição hídrica. Sinclair e Ludlow (1986) defendem que o estudo da resposta das plantas ao déficit hídrico baseado na quantidade de água evapotranspirada assegura a obtenção de dados mais imparciais e consistentes.

O conhecimento dos efeitos causados pelo estresse por seca em plantas é vital para: a adoção de melhores práticas agrícolas, expandir a agricultura em regiões mais áridas, desenvolver espécies mais eficientes no uso de água, e entender o comportamento da vegetação natural sob a perspectiva das mudanças climáticas.

O objetivo desse estudo foi avaliar múltiplas respostas de acessos de meloeiro, durante o crescimento vegetativo, para parâmetros fisiológicos e de crescimento sob déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e caracterização do experimento

O experimento foi realizado no período de dezembro de 2017 a janeiro de 2018, em casa de vegetação (Figura 2) do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, em Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são: latitude $5^{\circ}12'2.50''S$, longitude $37^{\circ}19'36.73''O$ W. Grw. e altitude de 12 m. A classificação climática local é do tipo Bsw h' , ou seja, clima seco e quente com precipitação pluviométrica irregular, média anual de 673,9 mm, temperatura média de 27 °C e umidade

relativa do ar média de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995). Os dados climáticos registrados durante o período do experimento (Figuras 3 e 4) foram fornecidos por uma estação meteorológica localizada no interior da casa de vegetação.

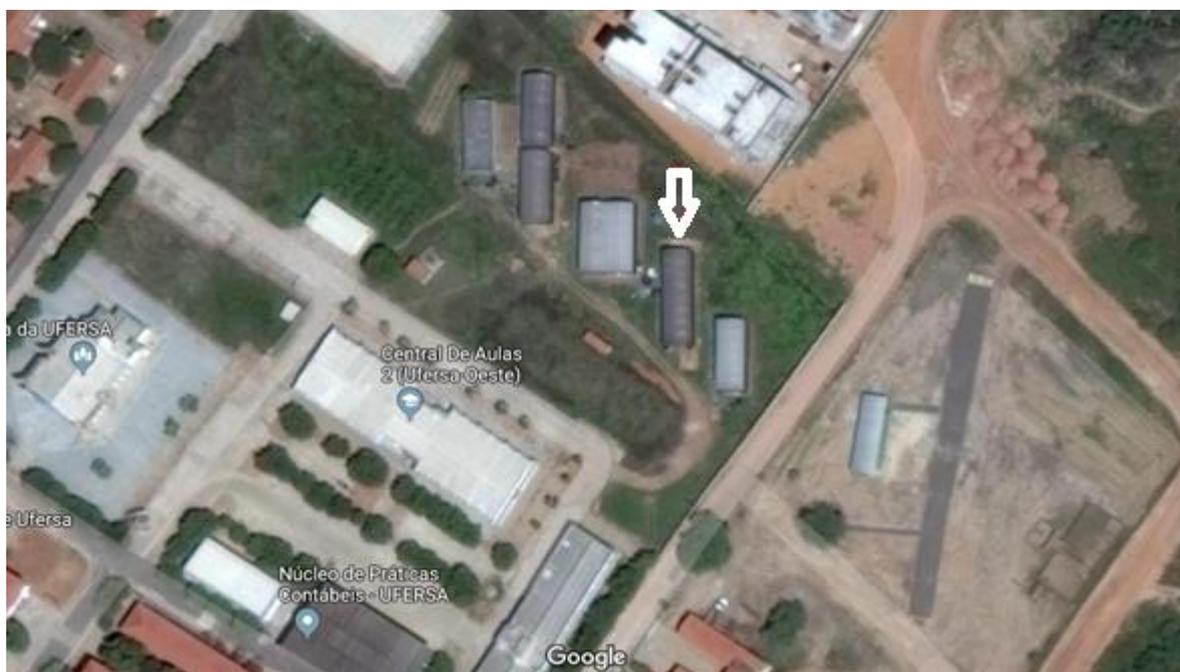


Figura 2. Localização da área experimental. Fonte: Google Maps, 2018.



Figura 3. Temperatura mínima, média e máxima diária durante o período do experimento. Ufersa, 2018.

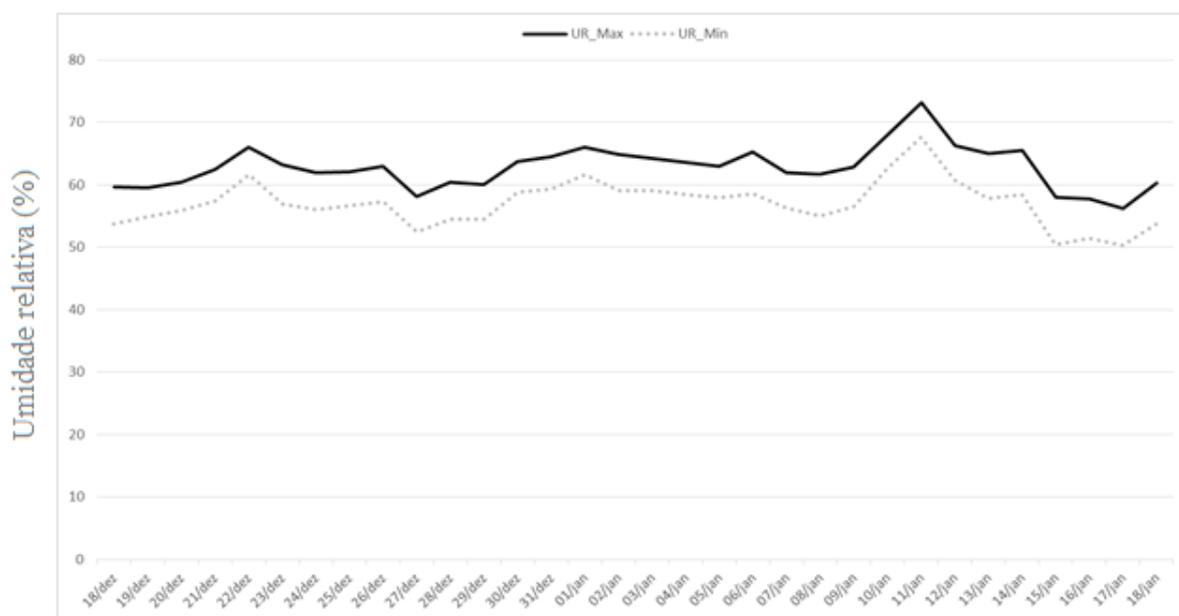


Figura 4. Umidade relativa mínima, média e máxima diária durante o período do experimento. UFERSA, 2018.

A casa de vegetação, instalada no *Campus Oeste* da UFERSA, possui dimensões de 7,40 m de largura e 24 m de comprimento, dispõe de uma estrutura com armações metálicas, é protegida lateralmente por malha negra 50% de interceptação e coberta com manta de polietileno transparente de baixa densidade, 0,15 mm de espessura e aditivo anti-UV (Figura 5).



Figura 5. Vista externa (A) e interna (B) da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

O solo utilizado no experimento foi coletado em uma área pertencente a Fazenda Roçado Grande, Upanema/RN, distante 50 km da cidade de Mossoró/RN, e classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico. De acordo com a classificação da EMBRAPA (2006), este solo apresenta alta atividade de argilas e alta saturação por bases na maior parte dos 100

primeiros centímetros do horizonte B (inclusive BA). As características físicas e químicas do solo estão representadas na Tabela 10.

Tabela 10. Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento. UFERSA, 2018.

pH (água)	P	K	Na	Ca	Mg	Al ³⁺	(H+Al)
	(mg/dm ³)			-(cmol/dm ³)			
7,58	0,2	148,8	127,4	13,5	1,05	0,0	0,0
	Densidade	Areia	Silte	Argila			
	(kg.m ⁻³)	(g.kg ⁻¹)					
	1,53	660	40	310			

pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al³⁺: alumínio, H+Al: acidez potencial.

O material foi coletado e transportado para a casa de vegetação, peneirado em malha de 4 mm para retirada de raízes ou outros componentes grosseiros. O material de solo foi colocado em recipientes confeccionados a partir de tubos de PVC-esgoto de 200 mm, medindo 45 cm de altura e fechado na base com uma bacia de alumínio. No fundo da coluna foram adicionadas britas para auxiliar a drenagem, uma manta de nylon e por último o solo peneirado. Para a adubação em fundação utilizaram-se 20 g de MAP (Monoamôniofosfato) equivalente a dose de 227 kg ha⁻¹. A água utilizada para a irrigação proveio do abastecimento do *Campus* da UFERSA, que abastece as casas de vegetação (Tabela 11).

Tabela 11. Análise físico-química da água de abastecimento. UFERSA, 2018.

Atributos	pH	CE	Cátions	Ânions	RAS	Dureza
		dS m ⁻¹	mmol/L		mg/L	
	7,5	0,55	6,6	6,5	4,6	95
K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻
mmol/L						
0,25	4,44	1,0	0,9	2,4	0,7	3,4

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; K⁺: potássio; Na⁺: sódio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Cl⁻: cloreto; CO₃²⁻: carbonato; HCO₃²⁻: bicarbonato; RAS: razão de adsorção de sódio.

Para monitorar a umidade do solo, foram instalados tensiômetros convencionais em cada um dos recipientes da primeira repetição a 12 cm de profundidade. Os dispositivos foram constituídos por um tubo PVC, uma cápsula porosa, um tampão, e uma coluna de água. As

medições foram realizadas diariamente utilizando um tensímetro digital de pinça (Figura 6) e a altura da coluna de água aferida com o uso de uma régua milimetrada. Na segunda repetição, tensiômetros eletrônicos (Figura 7) foram instalados a 10 cm de profundidade e acoplados a um sistema de coleta e armazenamento de dados, tomando-se leituras a cada 5 minutos (Figura 8).



Figura 6. Leitura da tensão na coluna de água. Fonte: Acervo pessoal, 2018.



Figura 7. Sensor TDR acoplado ao tensiômetro. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

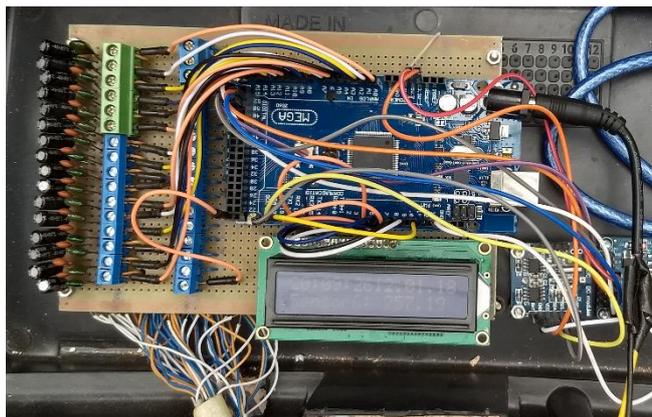


Figura 8. Sistema de coleta e armazenamento de dados dos tensiômetros eletrônicos. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

A irrigação foi realizada via gotejamento por gravidade com um emissor tipo espagete de 15 cm de comprimento por vaso com vazão média de 3,0 L.h⁻¹, cada emissor foi posto no centro do vaso visando formar o bulbo úmido. O abastecimento dos emissores foi realizado manualmente com o uso de provetas milimetradas. Os diferentes níveis de estresse começaram a ser aplicados aos 7 dias após o transplântio (DAT) e se estenderam durante 30 dias.

Para o ajuste da curva característica de retenção de água no solo foi utilizado o modelo proposto por van Genuchten (1980). Os valores de α , m e n são parâmetros do solo, enquanto θ_r e θ_s são a umidade volumétrica (cm³.cm⁻³) residual e de saturação, respectivamente, os valores das constantes empíricas dessa equação estão apresentados na Tabela 12. A expressão matemática que faz a transformação do potencial matricial em umidade volumétrica é expressa a seguir:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha |\Psi_m|^n)]^m \quad (\text{Eq. 04})$$

em que:

θ = umidade (cm³.cm⁻³)

θ_r = umidade residual (cm³.cm⁻³)

θ_s = umidade de saturação (cm³.cm⁻³)

Ψ_m = potencial matricial (cm³.cm⁻³)

α , m e n = parâmetros da equação gerados pelo ajuste matemático.

Tabela 12. Parâmetros da equação de van Genuchten para o solo utilizado no experimento. UFERSA, 2018.

θ_{cc}	θ_{pmp}	Constantes empíricas do modelo			α	θ_s	θ_r
		m	n	$m^3 \cdot m^{-3}$			
0,2824	0,0971	0,5415	2,1812	0,0307	0,4648	0,0968	

θ_{cc} : umidade do solo na capacidade de campo; θ_{pmp} : umidade do solo no ponto de murcha permanente; θ_s : umidade do solo saturado; θ_r : umidade residual do solo; α , m e n: parâmetros da equação gerados por ajuste matemático.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3 (acessos x tratamentos) com três repetições e uma planta por repetição, totalizando 45 plantas (Figura 9).

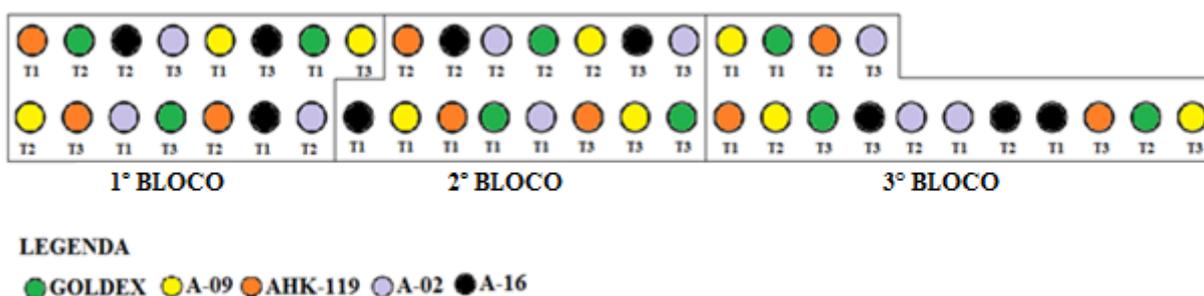


Figura 9. Esquema da distribuição e aleatorização dos tratamentos. Fonte: Autoria própria, 2018.

Os tratamentos constituíram da combinação dos genótipos: A-02, A-09, A-16, AHK-119 e ‘Goldex’ com três níveis de reposição hídrica: controle (sem déficit hídrico - CTR), déficit moderado – DM e déficit severo – DS. Para isso foram determinadas a água total disponível (Eq. 05) (ATD), a água facilmente disponível (AFD) (Eq. 06) e a umidade crítica do solo (UCr) (Eq. 07):

$$ATD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \quad (\text{Eq. 05})$$

$$AFD = f * ATD \quad (\text{Eq.06})$$

$$UCr = \theta_{cc} - AFD \quad (\text{Eq. 07})$$

em que:

ATD: Água total disponível

θ_{cc} : Umidade na capacidade de campo

θ_{pmp} : Umidade no ponto de murcha permanente

AFD: Água facilmente disponível

f: coeficiente de disponibilidade ou depleção

UCr: Umidade crítica

A lâmina de água adotada para o umedecimento inicial do solo variou conforme três diferentes coeficientes de depleção, também foram adotados valores de tensão crítica para os três tratamentos (Tabela 13).

Tabela 13. Valores do coeficiente de depleção, água facilmente disponível, umidade crítica e tensão crítica para os três tratamentos. UFERSA, 2018.

TRATAMENTOS	f	AFD (mm)	UCr (mm)	TCr (kPa)
DS (T1)	0,55	0,1019	0,1805	115
DM (T2)	0,45	0,0834	0,1990	90
CTR (T3)	0,35	0,0649	0,2176	80

CTR: controle; DM: déficit moderado; DS: déficit severo; f: coeficiente de depleção; AFD: água facilmente disponível; UCr: umidade crítica; TCr: tensão crítica.

Os valores de altura de coluna de água e tensão, medidos diariamente nas duas repetições, foram inseridos na planilha e obtidas as lâminas de água a serem repostas em cada recipiente. Para a terceira repetição foi realizado o cálculo da média de água repostas em cada tratamento/genótipo das repetições 1 e 2.

No tratamento controle, a umidade foi repostas até a Capacidade de Campo, nas demais a restituição foi deficitária em 5% e 10% da lâmina de reposição (Figura 10). Em todas as situações aguardou-se atingir a UCr de cada tratamento para repor a rega.

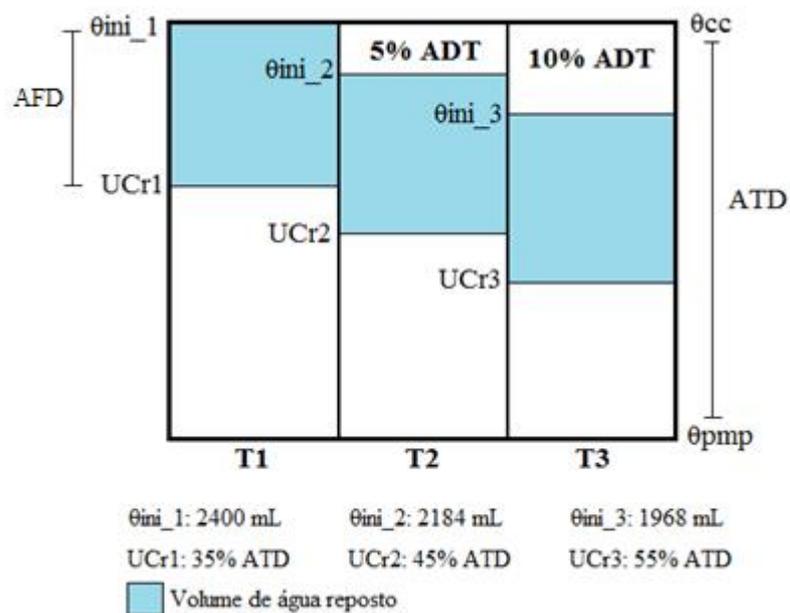


Figura 10. Esquema simplificado da reposição dos três níveis de umidade. Fonte: Autoria própria, 2018.

A análise estatística dos parâmetros avaliados foi realizada utilizando o software SELEGEN, Modelo 52 (Resende, 2007).

Condução do experimento

As sementes dos acessos A-02, A-09, A-16, AHK-119 e o híbrido ‘Goldex’ foram lavadas em água corrente, esterilizadas por um minuto em solução contendo hipoclorito de sódio a 0,5% e submetidas a duas lavagens com água destilada. As sementes foram dispostas em placas de petri e postas para germinar em estufa a 37°C. As plântulas permaneceram por 5 DAS nas placas e foram transplantadas para bandejas plásticas contendo substrato comercial de germinação e irrigadas diuturnamente com o auxílio de regador, permanecendo por uma semana antes do transplante definitivo para casa de vegetação. Foi mantido esse protocolo com o intuito de uniformizar o desenvolvimento das mudas.

Antes do transplante, o solo de cada recipiente foi previamente umedecido de acordo com cada tratamento. Para o T1 foram adicionados 2400 ml, no segundo tratamento, 2184 ml e no terceiro, 1968 ml. As mudas mais vigorosas de cada genótipo foram transplantadas para as colunas de PVC com 0,2 m de diâmetro e 0,4 m de altura, arranjados em duas fileiras espaçadas em 1,30 m. Os tratamentos começaram a ser aplicados quando as plantas atingiram 18 dias após semeadura (DAS).

O manejo de controle de plantas daninhas foi realizado manualmente e não houve necessidade de aplicação de defensivo para controle de pragas. A condução das plantas foi realizada na vertical e o tutoramento feito através de um fio de ráfio preso em fios de arame, sustentados por barrotes de madeira equidistantes, disposta a cerca de 2,0 m acima da linha de cultivo. Não foram realizadas podas, nem desbrotas. Os demais tratos culturais foram efetuados na medida em que se fizeram necessários, de acordo com práticas alternativas e convencionais. As mudas foram irrigadas diariamente, de acordo com a necessidade hídrica calculada com base no potencial matricial do solo, de modo que os emissores foram abastecidos com a quantidade exata de água estimada pela planilha.

Variáveis analisadas

Todas as análises foram realizadas na fase de floração, intermediária para o ciclo da cultura, após 30 dias da aplicação ininterrupta dos tratamentos (48 DAS). Depois da realização das análises fisiológicas e as medições de altura da planta e diâmetro do caule, todas as plantas foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e prontamente destinadas ao Laboratório de Recursos Genéticos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró/RN, onde foram realizadas as análises de crescimento com a matéria fresca.

Análises fisiológicas

Condutância estomática

Os dados de condutância estomática do vapor de água (g_s) foram obtidos por meio de um porômetro de difusão AP4 (Delta T, Cambridge, England). As leituras foram realizadas em uma folha completamente expandida do terço médio de todas as plantas ao longo de um dia as 8h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00. Juntamente com a primeira leitura, as folhas foram marcadas e as leituras posteriores foram feitas nas mesmas folhas e na mesma sequência inicial. As leituras foram realizadas sob sol pleno, na ausência completa de nebulosidade. Foram evitadas as folhas que apresentavam algum dano por ação mecânica ou pela ação de patógenos. A calibragem do equipamento foi realizada antes de cada leitura. Os dados de condutância foram expressos em $mmol.m^{-2}.s^{-1}$.

Potencial hídrico foliar (Ψ_{wf})

Uma folha jovem completamente expandida do terço médio de cada planta foi removida com o uso de bisturi, armazenadas em sacos plásticos, acondicionadas em cooler com gelo e rapidamente levadas ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, UFERSA, Mossoró/RN, para realização das análises. O procedimento foi realizado em dois horários distintos, antes do amanhecer, as 4h00 (Ψ_{wfA}) e as 12h00 (Ψ_{wf12}). O pecíolo das folhas foi revestido com fita veda rosca para impedir o escape do gás e introduzido na câmara de Scholander 40 bar (PMS Instrument CO., Corvallis, Oregon, EUA). Com o auxílio de uma lupa pode-se observar a seiva do xilema na superfície cortada da lâmina foliar, nesse momento foi realizada a leitura do manômetro determinando o Ψ_{wf}

Teor relativo de água na folha (TRA)

Uma folha jovem completamente expandida do terço médio de cada planta foi removida com o uso de bisturi, armazenadas em sacos plásticos, acondicionadas em cooler com gelo e rapidamente levadas ao Laboratório de Genética Molecular Vegetal, UFERSA, Mossoró/RN. A coleta das folhas ocorreu ao meio dia. O TRA foi calculado a partir da razão entre a diferença de massa fresca e massa seca e, a diferença de massa túrgida (MT) e massa seca. Para obtenção da MT, cada folha foi disposta em uma placa de Petri e embebida com água destilada, a hidratação durou 24h, antes da pesagem o excesso de água foi cuidadosamente removido com papel toalha. A secagem das folhas foi semelhante a realizada para obtenção da MSF e MSC. A pesagem foi realizada em uma balança analítica com precisão de 0,0001 g. Para o cálculo do TRA, utilizou-se a equação proposta por Turner (1981):

$$TRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \quad (\text{Eq. 08})$$

em que:

TRA: Teor relativo de água na folha

MF: Massa fresca

MS: Massa seca

MT: Massa túrgida

Temperatura foliar

A temperatura foliar foi aferida a distância de 30 cm, com o uso de um termômetro infravermelho modelo GM550. Concomitante as leituras realizadas pelo porômetro, a temperatura foi averiguada na mesma folha diagnóstica e mesmos horários ao longo de um dia.

Extravasamento de eletrólitos

Para cada uma das amostras foram cortados 10 discos foliares de 5,0 mm de diâmetro, evitando a nervura central. Foram adicionados 20 ml de água destilada em tubos de ensaio com o auxílio de pipeta automática e imersos os discos foliares. As amostras foram mantidas em repouso a 25°C durante 24 horas e foi realizada a medição da condutividade elétrica livre (CEL). Logo após, os frascos permaneceram em banho-maria a 100 °C por uma hora (Figura 11A) e foi realizada a medição da condutividade elétrica total (CET) (Figura 11B). Os dados foram obtidos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ e a partir deles calculados o percentual de danos nas membranas (Eq. 09):

$$\text{PD} = \frac{\text{CEL}}{\text{CET}} \times 100 \quad (\text{Eq. 09})$$

em que:

PD: Percentual de danos nas membranas

CEL: Condutividade elétrica livre

CET: Condutividade elétrica total



Figura 11. Amostras de discos foliares em banho-maria (A) e medição da condutividade elétrica total (B). Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Análises de crescimento

Altura das plantas (AP)

Medida desde a base da planta até a gema apical do maior ramo com o auxílio de uma trena graduada em milímetros.

Diâmetro do caule (DC)

Medido com paquímetro digital 6'' ou 150 mm na base da planta.

Número de folhas (NF)

Obtido a partir da contagem das folhas de todos os ramos, excluindo-se os tufo apicais.

Massa seca (MS)

As amostras de folhas e caules foram, separadamente, armazenadas em sacos de papel e submetidas a secagem em estufas de circulação forçada de ar, a 65 °C, durante 72 horas até atingir peso constante, sendo pesadas em seguida em balança digital eletrônica de precisão de 0,01 g, obtendo-se assim, a massa seca foliar (MSF) e a massa seca do caule (MSC). A matéria seca da parte aérea (MSPA) foi obtida através da soma das MSF e MSC.

Área foliar (AF)

As folhas foram sobrepostas com uma placa de vidro transparente em uma superfície plana de fundo branco contendo uma régua milimetrada e fotografadas com câmera digital de 16 megapixels. Através das imagens, foram calculadas as áreas foliares das plantas por meio do software ImageJ versão 1.51j8 (National Institute of Health, USA).

Densidade de raízes (ρ_r)

Após a retirada das plantas, o solo de cada vaso foi umedecido e dividido em quatro quadrantes. As amostras de solo foram retiradas do terceiro quadrante com o uso de um cano PVC de 50 mm de diâmetro até a profundidade de 20 cm (Figura 12A). Após a retirada do cano, o torrão de solo foi disposto em uma placa de acrílico e com auxílio de uma régua milimetrada dividido em duas porções: 0-10 cm e 10-20 cm (Figura 12B)

Os torrões de solo foram postos em béqueres de 500 ml e completados com água para facilitar a retirada das raízes, despejados em um jogo de 3 peneiras com malhas de 0,59 mm; 0,40 mm e 0,177 mm, e lavados em água corrente. As raízes foram coletadas utilizando pinças, dispostas em bandejas, prontamente pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,001 g e digitalizadas em uma impressora multifuncional HP PSC 1315. As imagens foram tratadas e analisadas pelo software Safira EMBRAPA (2010). Foram obtidos os dados de volume e área superficial das raízes para ambas profundidades amostradas. A densidade foi calculada utilizando a Eq. 10:

$$\rho_r = m/V \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

ρ_r : Densidade da raiz em $\text{mg}\cdot\text{mm}^{-3}$

m: Massa em mg

V: Volume em mm^3



Figura 12. Amostragem do solo para análise de raízes (A) e torrões de solo 0-10 cm e 10-20 cm (B). Fonte: Acervo pessoal, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises fisiológicas

Condutância estomática (g_s) e temperatura foliar (TF)

Não se observou efeito significativo do déficit hídrico, acesso e interação tanto para g_s quanto TF. (Tabela 14 e 15). Até as 10h00 a g_s aumentou para todos os genótipos (Figura 13) devido a baixa intensidade de radiação e a irrigação diurna, realizada antes da primeira leitura. Após esse horário, a resposta variou entre os acessos e tratamentos. De modo geral, os genótipos elevaram os níveis de condutância estomática até atingirem pontos críticos, que podem ter sido causados pela deficiência hídrica atmosférica, quando o déficit de pressão de vapor (DPV) é alto, ou pelo menor conteúdo de água no solo, ambos, causando o fechamento estomático. Tal mecanismo é capaz de reduzir a perda de água por transpiração e aumentar a eficiência do uso da água, retomando a atividade estomática regular quando as condições adversas diminuem (Chaves, 2003).

Tabela 14. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e condutância estomática de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico UFERSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)				
	Condutância estomática (g_s)				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
Efeito fixo					
Estresse hídrico (E)	6,09 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Efeito aleatório					
Acesso (A)	0,12 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
A x E	1,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,54 ^{ns}
h^2_m	0,07	0,46	0,01	0,02	0,02
A_{cg}	0,26	0,68	0,11	0,16	0,15
CV (%)	54,61	63,74	51,17	3,65	34,44
c^2	0,16	0,09	0,03	0,09	0,29
r_{loc}	0,06	0,51	0,01	0,03	0,01

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Tabela 15. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e temperatura foliar de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)				
	Temperatura (°C)				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
Efeito fixo					
Estresse hídrico (E)	3,42 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Efeito aleatório					
Acesso (A)	0,01	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
A x E	0,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}
h^2_m	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01
A_{cg}	0,05	0,07	0,13	0,07	0,08
CV (%)	0,52	1,31	1,43	1,92	2,10
c^2	0,01	0,01	0,01	0,04	0,06
r_{loc}	0,03	0,09	0,35	0,01	0,01

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo

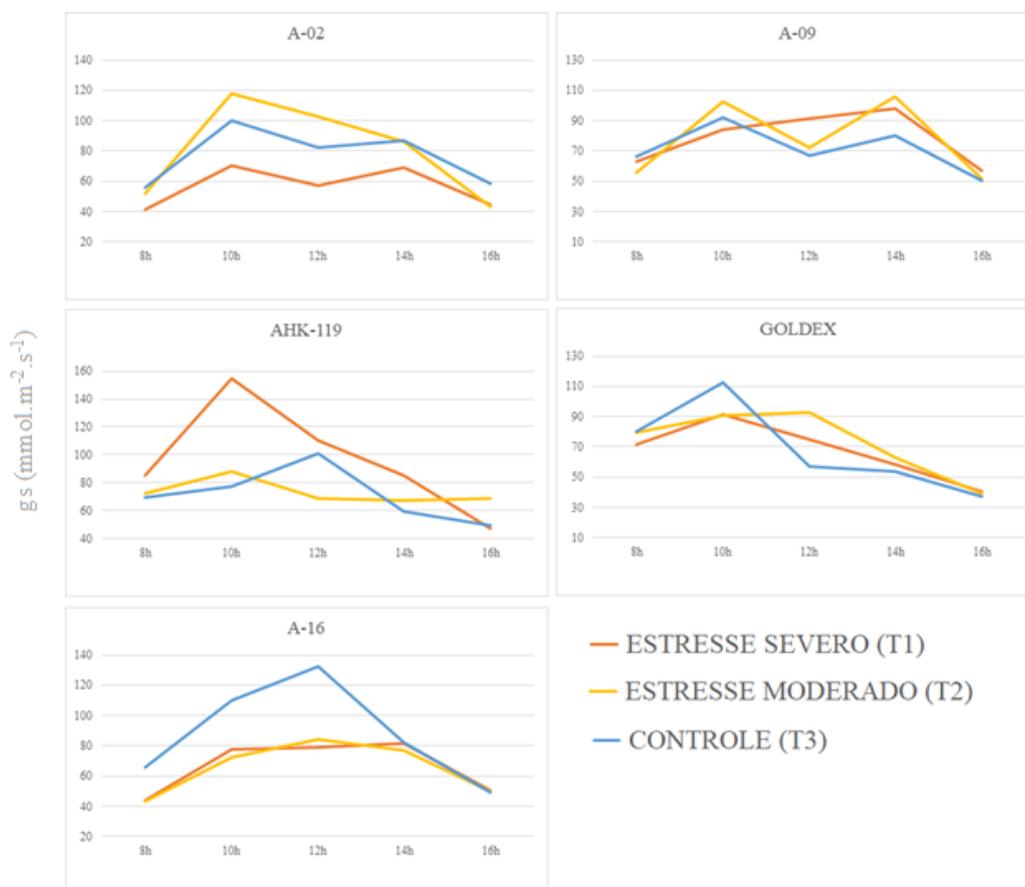


Figura 13. Condutância estomática (g_s) ao longo do dia de cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018.

As plantas submetidas ao déficit hídrico podem ter se utilizado do mecanismo celular de ajuste osmótico para manter o Ψ_w foliar alto. Por meio do acúmulo de prolina, sacarose, carboidratos solúveis, e outros solutos no citoplasma (Anjum, 2011), as células vegetais são capazes de manter o turgor celular na presença de potencial hídrico mais negativo e permitir uma abertura estomática relativamente maior e ainda proporcionar maior capacidade de água absorção pelas raízes, o que também contribuiria para a manutenção de maior condutância estomática (Bhavana & Gutan, 2015).

Como o controle estomático está diretamente associado ao suprimento de CO_2 à folha, a variação da g_s ao longo do tempo deve reduzir perdas de água para uma máxima assimilação de CO_2 (Kramer & Boyer, 1995), o problema é acentuado pelo fato do gradiente de concentração para absorção de CO_2 ser muito menor que o gradiente de concentração que governa a perda de água (Taiz & Zeiger, 2009)

Observando os dados climáticos de UR e temperatura média do ar (T_{AR}) do dia em que foram realizadas as leituras de g_s e TF (Figura 14), percebe-se claramente a tendência da diminuição da umidade relativa do ar em função do aumento da temperatura, com a maior redução entre as 12h00 e 13h00, coincidindo com a maior temperatura atingida ao longo do dia. Para todos os acessos, as maiores temperaturas foliares foram atingidas ao meio dia, em resposta ao aumento de radiação solar e conseqüente elevação da T_{AR} (Figura 15).

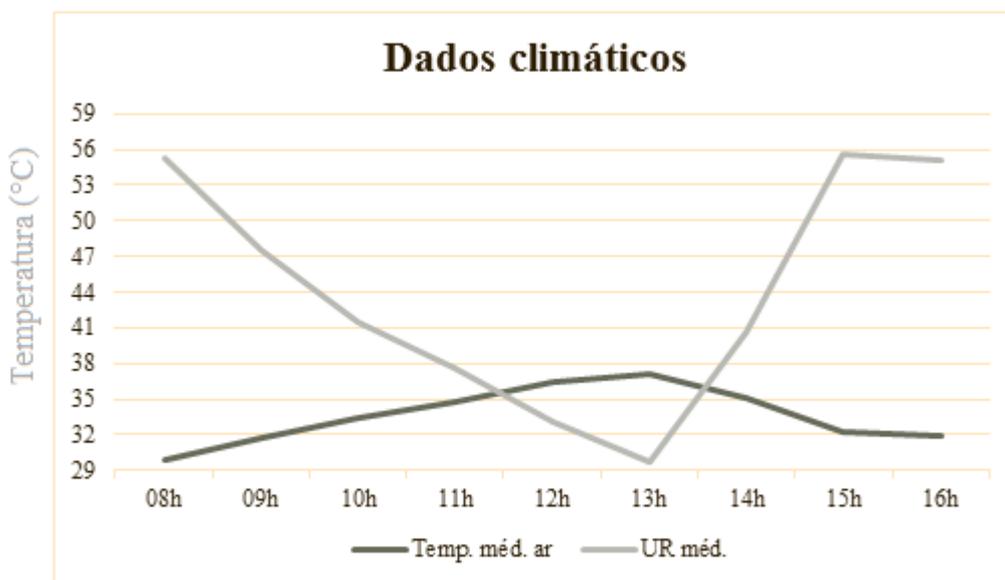


Figura 14. Dados climáticos referentes de temperatura média e umidade relativa média do ar em função do horário ao longo do dia. UFERSA, 2018.

A menor UR, torna a atmosfera ainda mais desidratante pela redução exponencial de seu potencial hídrico, impondo a saída de água da planta por diferença do gradiente de Ψ_w . Kerbauy (2004) enfatiza o papel da UR e temperatura do ar na modificação do gradiente de concentração de vapor de água entre a folha e a atmosfera, influenciando a taxa de transpiração.

O horário limite para a redução da condutância estomática ocorreu a partir das 14h00 para quase todos os acessos (Figura 13), evento que coincide com a redução do DPV (Figura 14).

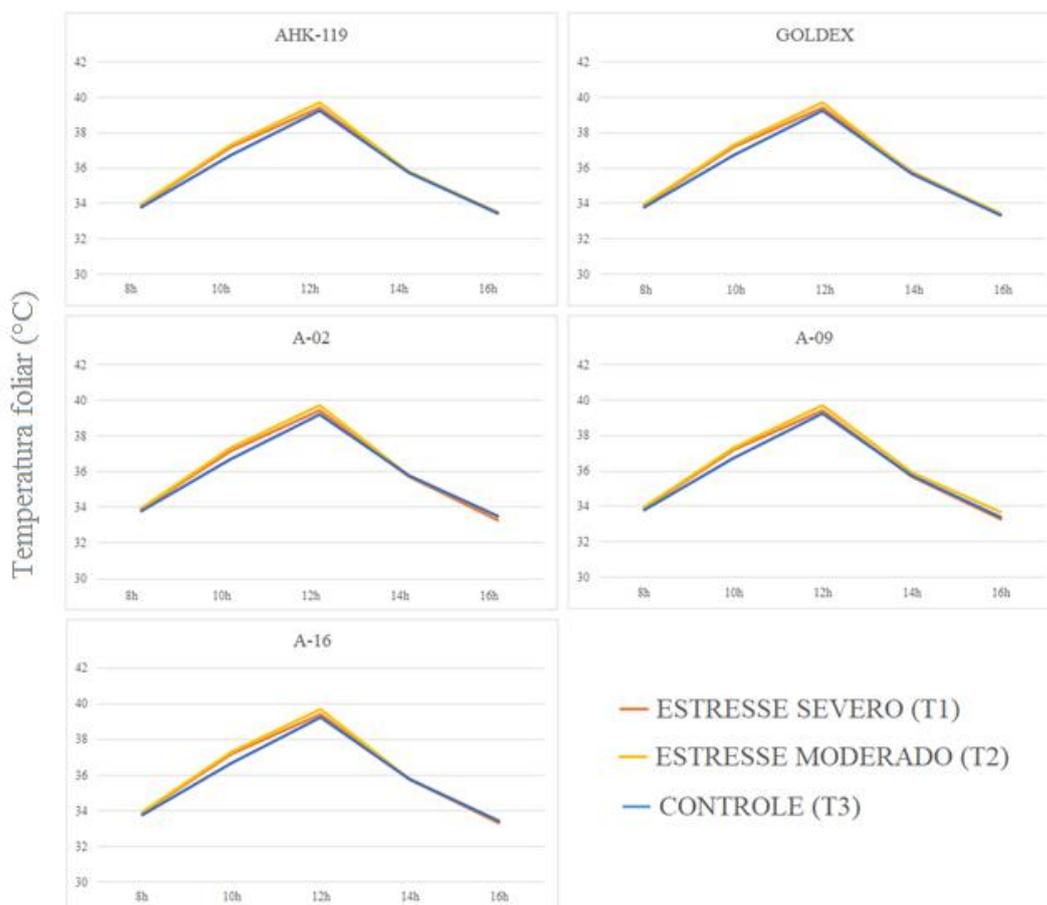


Figura 15. Temperatura foliar (TF) ao longo do dia para os cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018

Cavalcante et al. (2009) destacam o papel das raízes na g_s pelo envio de ABA, um regulador químico que atua no funcionamento estomático, para a parte aérea. Blackman e Davies (1985) mostraram que a falta de água nas raízes leva ao fechamento dos estômatos, mesmo que as folhas não estejam estressadas. Contudo, a resposta de sinalização do ABA não parece influenciar nas respostas de curto prazo dos estômatos às perturbações hidráulicas (Chaves, 2003). Respostas rápidas do fechamento estomático estariam mais ligadas a redução na condutância do xilema, já que o regulamento da pressão interna impede uma possível e catastrófica cavitação no vaso (Buckley & Mott, 2002).

Kusvuran (2012) estudando quatro genótipos de melão submetidos a estresse salino e a seca observou que a g_s foi significativamente menor nas condições de seca que na salinidade. Chaves et al. (2015) obtiveram maiores valores de g_s para o híbrido de melão amarelo SF 10/001 cultivado a pleno sol comparado aos protegidos com agrotêxtil. Silva et al. (2005) verificaram

ligeiro aumento de temperatura em melão irrigado com lâmina deficitária em 30% em relação ao controle.

Potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) e teor relativo de água na folha (TRA)

Observou-se efeito significativo do déficit hídrico para o TRA e Ψ_{wf} e da interação acesso x déficit hídrico para TRA e Ψ_{wf} ao meio dia. (Tabela 16). A interação para estes dois casos explicou mais de 40% da variação fenotípica, respectivamente 41 e 43%.

Tabela 16. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e teor relativo de água na folha e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e potencial hídrico medido em dois horários em cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)		
	TRA (%)	Potencial hídrico (MPa)	
		4h00	12h00
Efeito fixo			
Estresse hídrico (E)	3,32*	2,29*	9,72**
Efeito aleatório			
Acesso (A)	0,44 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,02 ^{ns}
A x E	3,85*	0,01 ^{ns}	4,81**
h^2_m	0,43	0,45	0,01
A_{cg}	0,66	0,67	0,11
CV (%)	5,38	63,45	32,36
c^2	0,41	0,07	0,43
r_{loc}	0,10	0,91	0,01

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo. TRA: teor relativo de água na folha.

Os menores valores de potencial hídrico verificados antes do nascer do sol nas plantas estressadas (Tabela 17) foram, provavelmente, em virtude da falta de água no solo para que

houvesse a recuperação noturna dos tecidos, já que a reposição da irrigação era diária por volta das 8h00. Na segunda medição, ao meio dia, os tecidos tinham conseguido repor uma parte da água em suas células, aumentando o potencial hídrico. Para as plantas controle, por atingirem primeiro o ponto de umidade crítica, a frequência de irrigação geralmente era de duas vezes ao dia, podendo recuperar a água perdida ao longo do dia durante uma redistribuição de água dentro da planta a noite (Vaadia,1961)

Costa e Marengo (2007) mostraram que em folhas de andiroba bem hidratadas o Ψ_{wf} decresceu durante a manhã até atingir um mínimo no horário que coincidiu com as maiores temperaturas, e ao final da tarde, houve um acréscimo no Ψ_{wf} que se estendeu durante a noite, evidenciado pelo máximo Ψ_{wf} ao amanhecer. Aparentemente esse comportamento foi idêntico ao seguido pelas plantas controle, pois também se desenvolveram em condições favoráveis de disponibilidade hídrica.

Como o potencial total de água no tecido vegetal é resultado da soma dos componentes pressão e osmótico ($\Psi_{tw} = \Psi_p + \Psi_\pi$), (Kramer, 1983), supõe-se que o alto potencial hídrico verificado nas folhas de plantas estressadas seja resultado do acúmulo de osmólitos em suas células, que causou a redução do Ψ_π e, conseqüentemente, do Ψ_{tw} , promovendo o aumento no gradiente de concentração e a entrada de água na célula.

Quando déficits hídricos internos são estabelecidos, a água que entra na raiz flui para pontos no final do gradiente de potencial de água mais íngreme (Vaadia, 1961). A prioridade de direcionamento são as folhas jovens, gemas e frutos jovens (Iljin, 1953). Para Medina et al. (1999), a redução do Ψ_{wf} na folha no decorrer do dia está relacionada com o aumento da transpiração, em função do DPV, se intensificando entre as 12 e as 14 horas. O aumento potencial hídrico das folhas do T1 e T2 no horário de maior DPV pode ser explicado pela relação de histerese do Ψ_{wf} e a taxa de evaporação, porque o Ψ_{wf} mostra uma tendência a atingir o pico mais tardiamente que a evaporação (Jarvis, 1976).

A maior redução no Ψ_{wf} para as plantas controle dos genótipos A-02 e Goldex (Tabela 17) foi atribuída a intensa atividade metabólica, haja visto que, em condições de alta disponibilidade hídrica, as plantas apresentaram altos índices de crescimento, sobretudo acúmulo de biomassa total. O A-16 exibiu a menor redução do Ψ_{wf} ao meio dia para o T3, e o maior aumento do Ψ_{wf} no T1.

Tabela 17. Médias genotípicas do teor relativo de água na folha e potencial hídrico de cinco acessos de meloeiro submetidos ao estresse hídrico. UFERSA, 2017.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)		
	TRA (%)	Potencial hídrico (MPa)	
		4h00	12h00
Estresse severo			
A-16	74,72	-0,32	-0,17
A-02	76,45	-0,28	-0,16
A-09	76,77	-0,27	-0,22
AHK-116	72,72	-0,23	-0,17
Goldex	70,41	-0,26	-0,16
Estresse moderado			
A-16	73,48	-0,29	-0,20
A-02	70,99	-0,26	-0,14
A-09	69,41	-0,25	-0,16
AHK-116	70,32	-0,21	-0,16
Goldex	68,23	-0,24	-0,18
Controle			
A-16	73,03	-0,20	-0,24
A-02	69,76	-0,17	-0,35
A-09	71,40	-0,16	-0,26
AHK-116	72,99	-0,12	-0,19
Goldex	63,52	-0,14	-0,33
r_1 (4h00)	-0,40 ^{ns}		
r_2 (12h00)	0,50 [*]		

r_1 : coeficiente de correlação entre teor relativo de água na folha e potencial hídrico medido as 4h00. r_2 : coeficiente de correlação entre teor relativo de água na folha e potencial hídrico medido às 12h00. *,^{ns}: significativo e não significativo pelo teste t de Student a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). TRA: teor relativo de água na folha.

Os acessos A-09 e A-02 apresentaram as maiores médias genotípicas para TRA na condição de estresse mais severo, enquanto o ‘Goldex’ deteve as menores médias foram nos três tratamentos (Tabela 17). Na condição de estresse moderado (T2) e controle (T3) destacou-se o acesso A-16.

O conteúdo relativo de água pode ser uma medida que indica atividade metabólica nos tecidos vegetais e é significativo para os estudos de tolerância à desidratação. (Anjum, 2011) Yang e Miao (2010) averiguaram que o TRA pode ser afetado pela interação com a intensidade e duração do evento de seca e diferentes respostas de espécies.

Turner (1981) conclui que embora a relação de proporcionalidade direta entre o teor relativo de água (TRA) e o Ψ_w pareça evidente, a curva de liberação de umidade ou isoterma de água, não é única, e pode variar de acordo com as espécies, condições de crescimento e histórico de estresse. As respostas das plantas de meloeiro evidenciaram um aumento do Ψ_{wf} ao meio dia nas plantas estressadas quando comparadas ao controle, resultados semelhantes foram obtidos para o TRA nas folhas estressadas colhidas no mesmo horário. Para este experimento, o aumento do TRA é atribuído as mesmas causas do aumento de Ψ_{wf} .

Extravasamento de eletrólitos

O teste de significância ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) indicou que não houve danos as membranas celulares de nenhum dos acessos de acordo a técnica utilizada (Tabela 18). O resultado corrobora a hipótese defendida várias vezes ao longo do trabalho, a capacidade de ajuste osmótico das plantas em resposta à seca.

Os processos metabólicos dependentes do oxigênio, como a respiração aeróbica, fotossíntese e fotorrespiração, favorecem a produção das espécies reativas de oxigênio (ROS) em organelas importantes como mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos, respectivamente. (Barbosa et al. 2014). As ROS causam peroxidação nos lipídeos que constituem as membranas celulares causando sérios danos estruturais e são frequentemente considerados moduladores na programação da morte celular (Jambunathan, 2010). Sob estresse hídrico, quando a luz absorvida não é utilizada nos processos metabólicos e o calor não consegue ser dissipado, ocorre o aumento elevado de ROS.

Os metabólitos como prolina, sacarose e carboidratos solúveis atuam a nível celular para estabilizar importantes complexos enzimáticos que garantem, dentre outros benefícios, a manutenção da integridade das membranas e do aparato fotossintético (Chaves, 2003). A concentração de osmólitos nas células vegetais auxiliam as enzimas antioxidantes, como a

catalase (CAT) e a superóxido dismutase (SOD) a manter sua conformação e atividades metabólicas (Bohnert et al., 1995).

A estratégia de combinar altas concentrações de solutos em células vivas é típica de plantas expostas de clima árido e semiárido para garantir a manutenção das suas atividades vitais (Faria et al., 1998).

Tabela 18. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e danos nas membranas de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)
	Danos na membrana (%)
Efeito fixo	
Estresse hídrico (E)	0,42 ^{ns}
Efeito aleatório	
Acesso (A)	0,15 ^{ns}
A x E	0,01 ^{ns}
h^2_m	0,23
A_{cg}	0,48
CV (%)	35,99
c^2	0,01
r_{loc}	0,88

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Análises de crescimento

Os caracteres relacionados ao crescimento dos acessos em diferentes níveis de umidade, foram significativamente afetados pelo de estresse para quase todas as variáveis com exceção da área foliar e densidade de raízes. Houve efeito de acessos e ausência da interação (A x E) para quase todos os caracteres avaliados, exceto densidade de raízes (Tabela 19). A ausência da interação, corroborou as estimativas reduzidas do coeficiente de determinação c^2 que mede a

participação da interação na manifestação fenotípica. As elevadas estimativas da correlação genética entre as avaliações indicam que o comportamento dos acessos ao longo dos diferentes níveis de irrigação praticamente não se alterou (Ramalho et al., 2012).

Com exceção da área foliar, verificou-se que a média dos acessos avaliados sob ausência de estresse (T1) foi superior ao T2 que, por sua vez, superou a condição de estresse mais severo (T3) (Tabela 20).

Os resultados mostraram que o estresse por seca afetou negativamente o crescimento e desenvolvimento vegetativo dos genótipos que são confrontados com perdas a taxas variáveis. (Tabela 21). Para todos os caracteres, em todo em todos os acessos, observou-se incremento nas médias genotípicas com o aumento do teor de água facilmente disponível para a planta.

Tabela 19. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e caracteres de crescimento de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFRSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)						
	DC (cm)	NFP	AP (cm)	MSF (g)	MSC (g)	MSPA (g)	AF (cm ²)
Efeito fixo							
Estresse hídrico (E)	9,59**	8,05**	4,82*	73,05**	20,93**	46,21**	0,30 ^{ns}
Efeito aleatório							
Acesso (A)	20,67**	9,49**	7,48**	8,00**	4,03*	3,94*	11,37**
A x E	0,01 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,05 ^{ns}
h^2_m	0,98	0,93	0,89	0,91	0,55	0,80	0,95
A_{cg}	0,99	0,96	0,94	0,95	0,74	0,89	0,97
CV (%)	9,39	34,60	22,20	13,90	25,24	17,33	22,47
c^2	0,01	0,07	0,01	0,11	0,01	0,07	0,05
r_{loc}	0,99	0,91	0,99	0,86	0,92	0,84	0,93

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo. DC: diâmetro do caule; NFP: número de folhas por planta; AP: altura da planta; MSF: massa seca das folhas; MSC: massa seca do caule; MSPA: massa seca da parte aérea; AF: área foliar.

Tabela 20. Médias dos caracteres de crescimento dos genótipos em função do nível de estresse hídrico. UFRSA, 2018.

θ_{ini}	Média (Caracteres)						
	DC (cm)	NFP	AP (cm)	MSF (g)	MSC (g)	MSPA (g)	AF (cm ²)
CTR (T1)	7,33 a	97,00 a	1,54 a	20,27 a	13,52 a	33,79 a	105,03 a
DM (T2)	6,64 b	78,87 b	1,40 b	14,60 b	9,57 b	24,18 b	99,97 a
DS (T3)	6,31 c	57,60 c	1,19 c	10,97 c	7,48 c	18,46 c	99,02 a

Médias seguidas pela mesma pertencem ao mesmo grupo pelo agrupamento de Scott-Knott ($p > 0,05$). DC: diâmetro do caule; NFP: número de folhas por planta; AP: altura da planta; MSF: massa seca das folhas; MSC: massa seca do caule; MSPA: massa seca da parte aérea; AF: área foliar. θ_{ini} lâmina de saturação inicial do solo

Tabela 21. Médias genotípicas de caracteres de crescimento de cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFRSA, 2018.

Acesso	Médias genotípicas (Caracteres)						
	DC (cm)	NFP	AP (cm)	MSF (g)	MSC (g)	MSPA (g)	AF (cm ²)
Estresse severo							
A-16	6,73	58,64	1,10	11,16	7,28	18,22	79,08
A-02	7,62	43,87	1,00	13,63	6,93	19,97	113,17
A-09	7,34	30,59	0,94	10,60	6,90	17,77	126,23
AHK-119	3,69	115,96	1,61	5,74	7,75	13,87	34,44
Goldex	6,16	38,94	1,28	13,75	8,56	22,46	140,58
Estresse moderado							
A-16	7,07	75,29	1,31	15,09	9,41	24,37	78,42
A-02	7,94	53,89	1,20	16,23	8,95	24,50	113,39
A-09	7,71	51,46	1,15	15,43	8,92	23,79	128,53
AHK-119	4,01	155,44	1,82	9,44	9,90	20,06	32,25
Goldex	6,47	58,26	1,49	16,83	10,68	28,16	140,52
Controle							
A-16	7,78	87,58	1,45	19,29	13,27	32,63	96,29
A-02	8,61	69,43	1,35	21,58	12,89	34,15	119,51
A-09	8,39	67,56	1,29	21,12	12,87	33,23	130,74
AHK-119	4,69	184,37	1,96	14,08	13,84	29,14	41,63
Goldex	7,18	76,06	1,64	25,29	14,72	39,81	145,29

DC: diâmetro do caule; NFP: número de folhas por planta; AP: altura da planta; MSF: massa seca das folhas; MSC: massa seca do caule; MSPA: massa seca da parte aérea; AF: área foliar.

Altura das plantas (AP)

Os acessos que exibiram as maiores e menores médias genotípicas para os três tratamentos foram o AHK-119 e o A-09, respectivamente (Tabela 21). Sob estresse moderado, o genótipo que exibiu a maior redução quando comparado ao controle foi o A-02 e no estresse severo, o genótipo A-09 (Figura 16A). Os resultados permitem concluir que o AHK-119 consegue manter níveis satisfatórios de crescimento das células apicais caulinares mesmo sob estresse severo.

A perda de altura das plantas sob estresse é justificada pela inibição do alongamento celular causado pela interrupção do fluxo de água do xilema para as células que se alongam nos meristemas (Nonami, 1998). O crescimento em si é uma expressão da ampliação celular provocada pela ação da água (Vaadia et al., 1961), e a manutenção da divisão celular durante o estresse, embora reduzida (Gardner & Nieman, 1964), oferece uma oportunidade de retomada do crescimento quando o estresse é removido (Fischer, 1973). A redução na altura das plantas pode ser atribuída ainda a senescência foliar da planta sob estresse hídrico (Manivannan et al., 2007), redução do potencial hídrico e atividade fotossintética, que é afetada pelo fechamento estomático (Razzaghi et al., 2011). A ação do ácido abscísico (ABA) também parece exercer um importante papel na inibição do alongamento do caule (Kerbaudy, 2004), sob condições de desidratação, o ABA em altas concentrações inibe a produção de etileno e reduz o crescimento da parte aérea (Taiz & Zeiger, 2009).

Dutra et al. (2000) verificaram maior crescimento das plantas em favor da maior disponibilidade de água no solo, quando as lâminas de irrigação aplicadas dobraram em relação as iniciais, determinando maior absorção de água e nutrientes. Oliveira et al. (2009) observaram que o aumento da umidade do solo permitiu um maior desenvolvimento da parte vegetativa em detrimento do desenvolvimento reprodutivo. Em estudo da cultivar Vereda, variedade *Inodorus*, sob quatro diferentes lâminas de irrigação, Lima et al. (2009) constataram menores valores de altura da planta para o maior e o menor volume de rega, indicando que tanto o déficit hídrico quanto o excesso de água podem ter comprometido o crescimento da planta. Kusvuran et al. (2012) analisaram as respostas de 30 acessos e uma cultivar de melão à seca e observou que todos os genótipos expostos ao estresse são afetados por uma diminuição da altura da planta em comparação com as plantas controle.

Diâmetro do caule (DC)

Para o diâmetro do caule, verificou-se maior média genotípica para os acessos A-02 e A-09 em todos os tratamentos (Tabela 21). A menor média genotípica foi observada no acesso AHK-119 em todos os tratamentos (Figura 16B), em razão da própria constituição fenotípica do referido acesso que apresenta internódios mais finos e alongados. Todos os acessos reduziram o DC diante do aumento da restrição hídrica.

A supressão da expansão celular também causa a redução no diâmetro do caule das plantas, o que afeta diretamente o fluxo de seiva entre os órgãos vegetativos. Um maior diâmetro caulinar oferece maior resistência à planta, podendo proporcionar um aumento na área do sistema vascular e assim promover maior distribuição de água e nutrientes. O diâmetro do caule é uma característica importante para garantir maior sustentação da planta, de modo que caules mais espessos e rígidos podem evitar o acamamento (Vale et al., 2012)

Lima et al. (2009) verificaram o aumento do diâmetro do caule de 4,31 mm com aplicação de lâmina de 75% da Eto. Pereira Filho (2012) avaliando diferentes frequências de rega em melão cantaloupe, variedade Imperial 45, observou a redução do diâmetro do caule na menor frequência, a cada cinco dias.

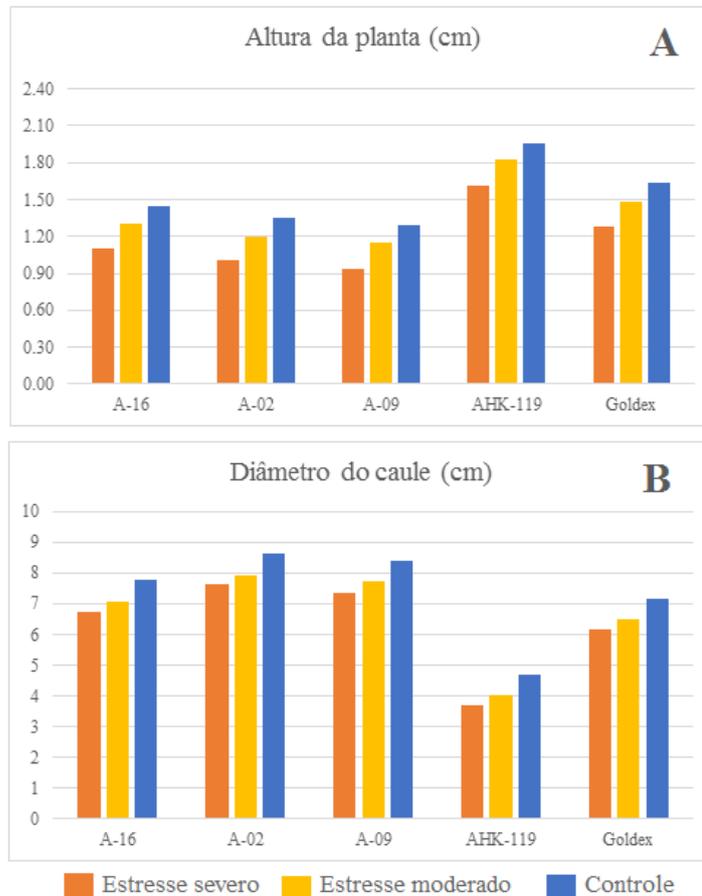


Figura 16. Altura da planta (A) e diâmetro do caule (B) de cinco genótipos de meloeiro cultivados em três níveis de umidade UFERSA, 2018.

Número de folhas (NFP)

O acesso AHK-119 apresentou elevado número de folhas por planta, tanto no controle quanto nos dois níveis de estresse hídrico seguido pelo acesso A-16 (Figura 17), embora este tenha média inferior a pelo menos 45% da média observada em AHK-119 nos diferentes estresses (Tabela 21). O acesso A-09 mostrou-se o mais sensível para essa característica, sobretudo quando submetido a estresse severo, quando sua média genotípica reduziu em mais de 40% quando comparada ao estresse moderado (T2).

Os déficits hídricos reduzem o número de folhas por planta e o tamanho individual das folhas, diminuindo a longevidade das folhas em resposta à redução do potencial hídrico do solo. (Anjum et al., 2011). A senescência acelerada, sobretudo nos tecidos fisiologicamente mais velhos, também se trata de um mecanismo adaptativo para reduzir o uso da água (Menconi et al., 1995), e, em casos de estresse hídrico severo, podem não se recuperar provocando a perda de folhas (Fischer, 1973; Ludlow, 1975). A abscisão foliar é um efeito bastante perceptível que

contribui bastante com a redução da área foliar e do número de folhas da planta durante o estresse hídrico, e é uma maneira da planta redistribuir e concentrar os componentes solúveis nos tecidos mais ativos, contribuindo para o ajuste osmótico (Herrick, 1933). A queda das folhas é o resultado do aumento da síntese do etileno endógeno, que, dentre outros efeitos, está associado à perda de clorofila. (Taiz & Zeiger, 2009)

Nascimento et al. (2002) identificaram uma correlação parcial altamente significativa entre a área foliar total da planta e o número de folhas do melão ‘Gold mine’ submetido a diferentes lâminas de irrigação. Monteiro et al. (2008) observaram incremento do diâmetro do caule de melão rendilhado na presença de *mulching*. Como a cobertura reduz a evaporação, a água disponível para a planta permanece no solo por mais tempo, promovendo a ascensão da solução do solo e a manutenção do crescimento vegetativo.

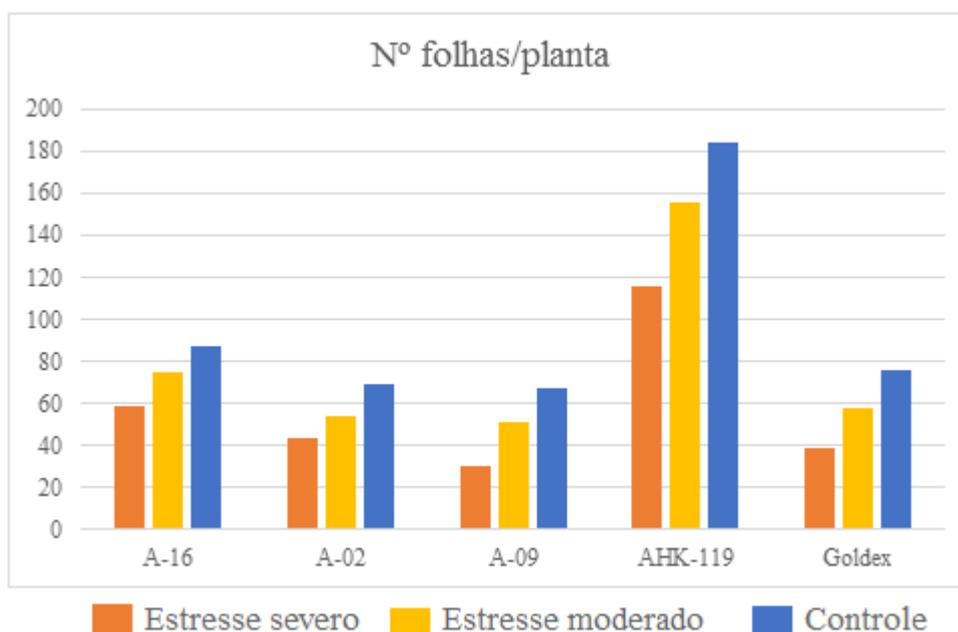


Figura 17. Número de folhas por planta em cinco genótipos de meloeiro cultivados em três níveis de umidade. UFERSA, 2018.

Massa seca das folhas (MS), massa seca do caule (MSC) e massa seca da parte aérea (MSPA)

O híbrido ‘Goldex’ foi o genótipo de maior destaque na avaliação de todas as matérias secas para os três tratamentos. (Tabela 21). Para MSF e MSPA, o acesso A-02 foi o segundo maior destaque. O acesso AHK-119 apresentou menores estimativas para a MSF e MSPA, sendo a segunda maior média genotípica para a MSC. O acesso A-09 apresentou menores valores para matéria seca

do caule. Sob déficit hídrico moderado, o genótipo que exibiu as menores perdas de MSF foi o A-16 e no estresse severo, o A-02 (Figura 18).

O acúmulo da biomassa seca é afetado negativamente pela redução na condutância estomática e fluxo de CO₂ para o interior da folha, implicando em perdas fotossintéticas (Chaves, 1991)

Na etapa bioquímica da fotossíntese ocorre a fixação do carbono com o consumo de energia (ATP) e poder redutor (NADPH) produzidos na etapa fotoquímica (Kerbaudy, 2004). O carbono reduzido, juntamente com as formas nitrogenadas NO⁻, NH₄⁺ e alguns minerais absorvidos pela raiz, integrará a estrutura de importantes biomoléculas como aminoácidos, celulose e ácidos nucleicos que constituirão a biomassa vegetal (Taiz & Zeiger, 2009). A redução no acúmulo de massa em resposta ao estresse, antes mesmo de haver redução de água nos tecidos vegetais, pode estar associada com alterações no metabolismo de carbono e de nitrogênio (McDonald & Davies, 1996; Lawlor, 2002;)

Os mecanismos de adaptação à seca exigem das plantas um alto investimento energético em prejuízo do acúmulo de biomassa seca (Pimentel, 2004). Tal característica é exibida por plantas mais tolerantes à seca tal como o AHK-119. A plasticidade do fenótipo em exibir ajustes específicos pode compensar parcialmente as inevitáveis reduções no crescimento total de plantas e biomassa que ocorrem sob limitação de recursos (Sultan, 2000).

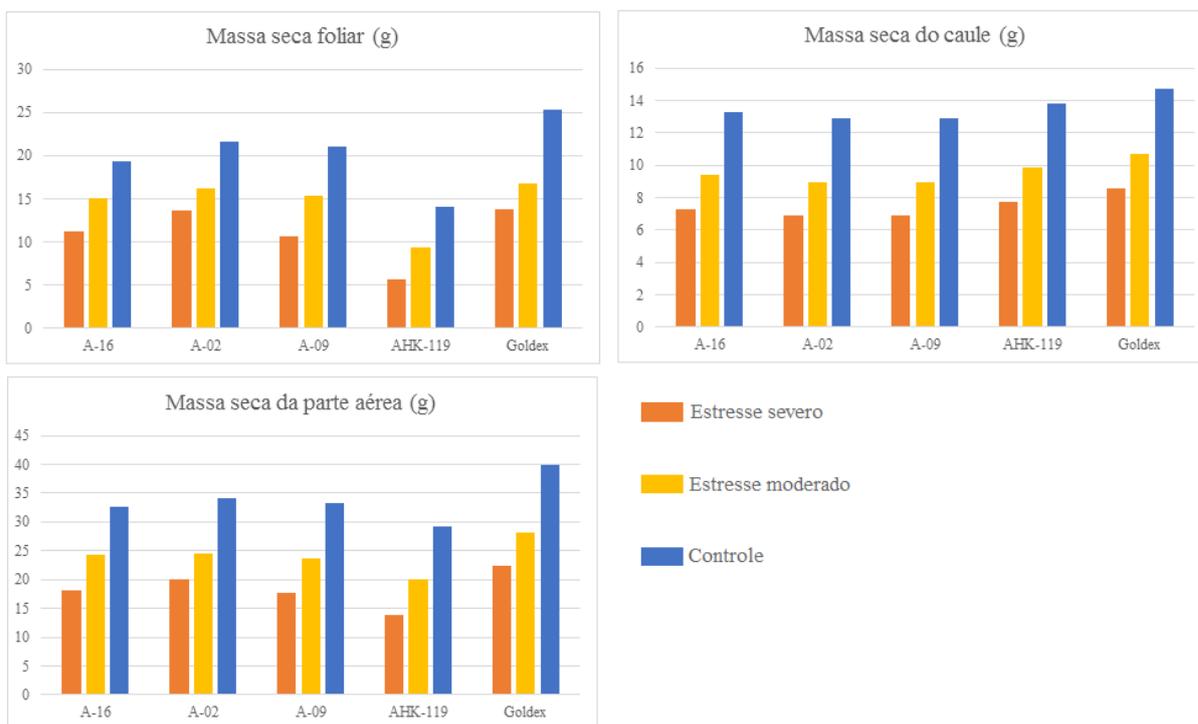


Figura 18. Massa seca foliar, massa seca do caule e massa seca da parte aérea de cinco genótipos de meloeiro cultivados três níveis de umidade UFERSA, 2018.

Área foliar (AF)

Para AF foi observado efeito significativo apenas para os acessos. Analisando o decréscimo nas lâminas aplicadas em cada tratamento, pode-se observar que a AF foi reduzida no T3 em relação ao T1, sobretudo para os acessos A-16 (ANEXO I) e AHK-119 (Tabela 12). O método empregado para mensurar a AF por meio das fotografias digitais não pareceu adequado ao estudo de área foliar sob estresse hídrico, haja vista a perda de turgor e enrolamento das folhas estressadas que dificultam o registro exato da extensão foliar.

A AF é um fator determinante sobre a produção e o uso da água pelas plantas, mas diante do déficit hídrico tem o potencial de produtividade severamente comprometido (Fernández et al., 1996). Segundo Tardieu (2013), quando as plantas crescem sob condições de deficiência hídrica, utilizam-se da estratégia de redução de área foliar para minimizar a área transpiratória disponível, o que reflete diretamente na redução da taxa fotossintética e quantidade de biomassa produzida.

A redução da área foliar é observada mesmo quando a planta é submetida pequenos déficits de umidade, em uma resposta direta da diminuição do aumento das células (Begg & Turner, 1976). A curto prazo, a secagem do solo reduz a produtividade em função do

decréscimo da condutância estomática e concomitantemente das menores taxas fotossintéticas, mas a longo prazo, as perdas são decorrentes da menor área foliar e mudanças no padrão de particionamento dos fotoassimilados (Bhavana & Gutam, 2015).

O decréscimo na área foliar não é necessariamente acompanhado pela redução da fotossíntese, mas o aumento da severidade da seca promove fortes decréscimos nas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar (Bhavana & Gutam, 2015), indicando que a redução da AF é mais sensível a seca que o processo de fotossíntese.

Como estratégias para evitar a desidratação, as plantas alteram a angulação foliar para uma posição mais íngreme, reduzem o dossel pelo decréscimo da AF e derrubam as folhas mais velhas (Chaves et al., 2003). O fator mais agravante é que a redução da AF é um efeito permanente e nem todas as culturas tem a possibilidade de compensação através de um aumento no número de folhas (Begg & Turner, 1976).

Genótipos com maior atividade antioxidante preservam o maquinário fotossintético, e a da área foliar, resultando em aumento da produção, mesmo sob déficits hídricos severos. A defesa antioxidante da célula vegetal constitui componentes enzimáticos (superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e glutathione reductase) (Farooq et al., 2009) e não enzimáticos (cisteína, glutathione reduzida e ácido ascórbico) (Gong et al., 2003).

Farias et al. (2003) observaram menor acúmulo de massa e crescimento foliar para o híbrido de melão 'Gold mine' submetido a lâminas reduzidas de irrigação baseadas na ETc máxima da cultura. Em estudo com híbridos de melão cantaloupe, Medeiros et al. (2006) verificaram que os híbridos PX3912947 e Vera Cruz mantiveram a AF inalterada, independente da frequência de irrigação.

Densidade de raízes (ρ_r)

Para os caracteres relacionados a raiz, não se observou efeito significativo para os tratamentos, acessos e interação entre tratamentos e acessos (Tabela 22). A baixa precisão experimental pode estar associada aos vários fatores que influenciam a distribuição das raízes no solo, o que torna difícil relacionar a umidade do solo e o crescimento das plantas. Raramente os sistemas radiculares têm uma distribuição uniforme em profundidade, além disso a distribuição das raízes em si é bastante afetada pela estrutura e fertilidade do solo, o que dificulta a comparação de resultados, ainda que em uma única cultura (Vaadia et al., 1961)

Tabela 22. Teste LTR para efeitos aleatórios, valor de F de Snedecor para efeitos fixo, herdabilidade média (h^2_{mg}), acurácia seletiva (A_{cg}), coeficiente de variação ambiental (CV%), influência da interação (c^2) e correlação genética entre estresse hídrico (r_{loc}) e caracteres da raiz avaliados em duas profundidades em cinco acessos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFERSA, 2018.

Efeito	LTR (Aleatório) - F (Fixo) / (Caráter)					
	Volume (mm ³)		Área (mm ²)		Densidade (mg/mm ³)	
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	0 a 10 cm	10 a 20 cm	0 a 10 cm	10 a 20 cm
Efeito fixo						
Déficit hídrico (H)	1,07 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Efeito aleatório						
Acesso (A)	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,04 ^{ns}
A x H	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
h^2_m	0,01	0,01	0,02	0,01	0,46	0,14
A_{cg}	0,10	0,08	0,12	0,05	0,68	0,37
CV (%)	73,91	71,32	90,00	68,10	36,17	31,20
c^2	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
r_{loc}	0,20	0,11	0,11	0,03	0,95	0,69

LTR: Teste de razão de máxima verossimilhança; **, *: significativo pelos testes Qui-quadrado (efeito aleatório) e F de Snedecor (efeito fixo) a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Nos 10 primeiros centímetros, onde se concentram a maior parte das raízes e torna-se mais fácil a absorção de água, o sistema radicular das plantas do T1 apresentou maior ρ_r , seguido de T2 e, por último, T3 (Figura 19A). Para esta profundidade, o acesso A-02 obteve as maiores médias de ρ_r para os três tratamentos (ANEXO II) e as menores médias foram registradas para o AHK-119 sob estresse severo e moderado e o controle do A-16. Na amostragem mais profunda (10-20 cm) percebe-se o aumento radicular das plantas controle para todos os acessos, evidenciando que a maior umidade altera a plasticidade do solo permitindo o aprofundamento de raízes; como a umidade dos dois tratamentos sob estresse era limitada, a resistência mecânica oferecida pelo solo seco foi muito maior (Figura 19B). Nesta amostragem, o ‘Goldex’ obteve

as maiores médias para os três tratamentos (ANEXO III). As menores médias do T1 e T2 foram apresentadas pelo AHK-119. Para o T3 apenas o ‘Goldex’ se destacou, os demais acessos obtiveram as mesmas médias genotípicas. Vê-se, portanto, que o investimento das plantas estressadas foi maior em volume de raiz, provavelmente pela produção de pelos radiculares que aumentam a superfície de absorção, e as plantas controle investiram mais em aprofundamento de raízes para acessar a água acumulada nas camadas mais profundas.

Segundo Begg e Tunner (1976), ainda que as raízes atinjam partes mais profundas do solo, a maior parte da água é extraída da porção superior do perfil porque a densidade radicular se concentra mais nessa área, e a energia livre específica da água próximo a superfície a torna mais acessível à absorção. O crescimento de raízes mais profundas em direção ao solo úmido pode ser considerado uma estratégia de defesa contra a seca (Taiz & Zeiger, 2004). Quando a disponibilidade de água é restrita, o crescimento radicular pode ser suprimido em virtude da impedância mecânica no solo (Hsiao, 1973). Supostamente, a umidade do solo tem efeito indireto no crescimento das raízes, pois o aumento da disponibilidade hídrica no solo reduz a resistência à penetração radicular (Taylor & Gardner, 1963)

Um sistema radicular eficiente depende, dentre outros atributos, de sua profundidade, volume, densidade, profusão de pelos radiculares (Pimentel, 2004).

Sharma et al. (2014) observaram o aumento na densidade de raízes de cultivares de melão quando submetidas a irrigação deficitária (50% da ETc) e verificou ainda diferentes respostas de plasticidade da raiz para as cultivares.

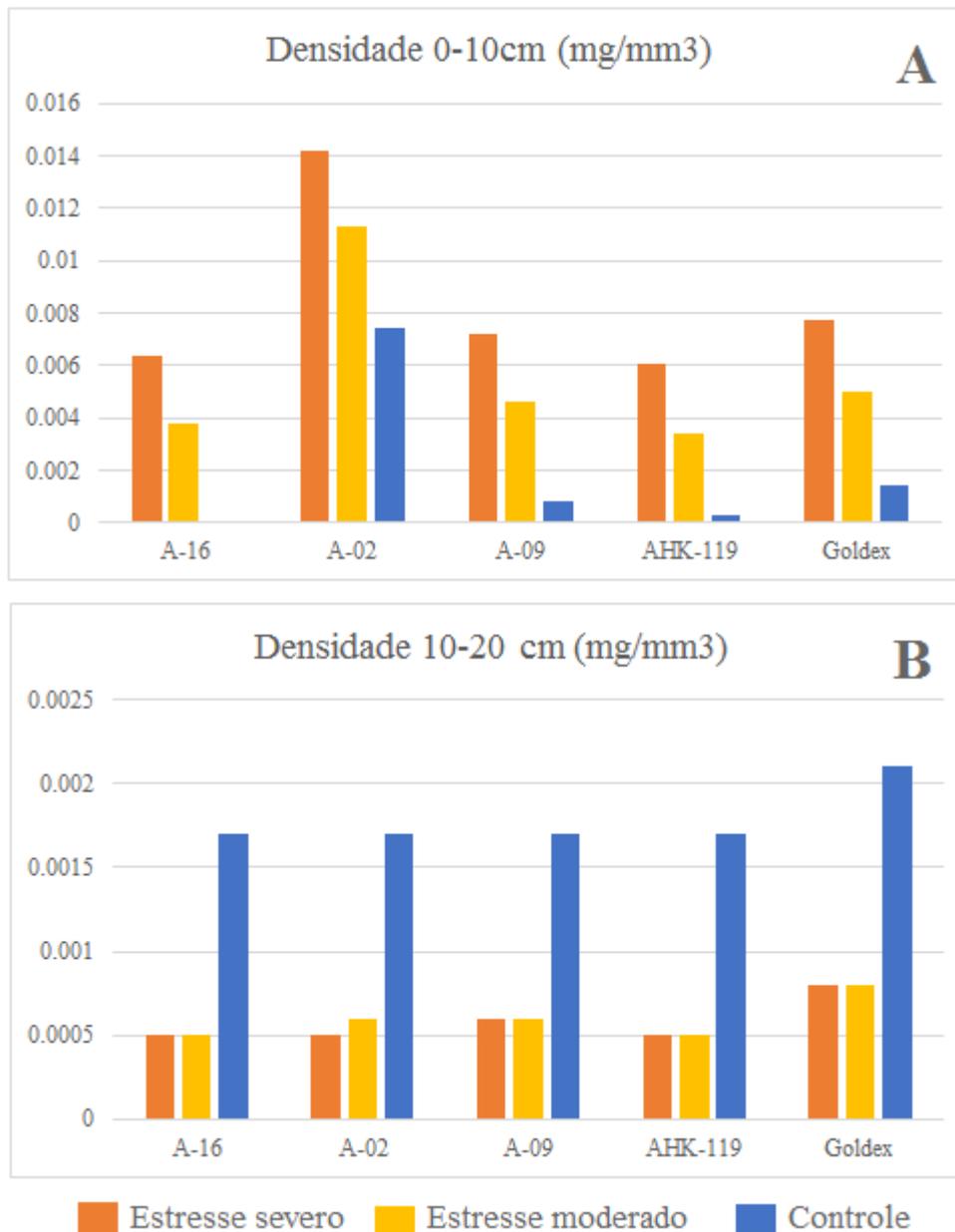


Figura 19. Densidade de raízes em duas profundidades de solo de cinco genótipos de meloeiro cultivados sob déficit hídrico. UFRSA, 2018

CONCLUSÕES

Os genótipos ‘Goldex’ e A-02 apresentaram maior tolerância ao déficit hídrico severo durante o crescimento vegetativo.

Sob déficit hídrico moderado, os genótipos ‘Goldex’ e A-16 exibiram maior tolerância.

O genótipo AHK-119 mostrou-se o mais sensível ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, P.E.P. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 54 p.
- Anjum, S. A.; Xie, X. Y.; 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**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.
- Baker, N.R. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: SMITH, J.A.C.; GRIFFITHS, H. (Eds.) **Water deficits: plant responses from cell to community**. Oxford: βios Scientific Publishers, 1993. p. 221-235
- Barbosa, M. R., Medeiros de Araújo Silva, M.; Willadino, L.; Ulisses, C.; Rangel Camara, T. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, 2014.
- Barros, V. S., Costa, R. N. T.; Aguiar, J. V. Função de produção da cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu-CE. **Irriga**, v. 7, n. 2, p. 98, 2002.
- Junior, G. B.; Guerra, H. O.; Cavalcanti, M. L.; Lacerda, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 12, n. 04, p. 350-355, 2008.
- Begg, J. E.; Turner, N. C. Crop water deficits. **Advances in agronomy**, v. 28, n., p. 161-217. 1976.
- Bhavana, P.; Gutam, S. Crop Improvement for Water and Heat Stress Tolerance. In: Mali, S.S.; Das B.; Kumar P. R.; Bhavana, P.; SINGH, A. K.; BHATT, B. P. (Eds.). **Approaches to Improve Agricultural Water Productivity**. Azadpur: Satish Serial Publishing House, 2015.
- Blackman, P. G.; Davies, W. J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, n. 1, p. 39-48, 1985.
- Bohnert, Hans J.; Nelson, Donald E.; Jensen, Richard G. Adaptations to environmental stresses. **The plant cell**, v. 7, n. 7, p. 1099, 1995.
- Buckley, T. N.; Mott, K. A. Stomatal water relations and the control of hydraulic supply and demand. In: Esser, K.; Lüttge U., Beyschlag W., Hellwig F. (Eds.) **Progress in Botany**. Heidelberg: Springer, 2002. p. 309-325.
- Campos, Â. D.; Ferreira, A. G.; Hampe, M. M. V.; Antunes, I. F.; Brancão, N.; Silveira, E. P.; Augustin, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.637-643, 2004.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O.F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. 62p.

Cavalcante, A. C. R.; Cavallini, M. C.; Lima, N. R. C. de B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. 2009.

Celin, E. F.; Pastori, P. L.; Nunes, G. H. S.; Aragão, F. A. S. Agronegócio brasileiro do melão na última década. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53., 2014, Palmas. **Anais...**Palmas: ABH, 2014.

Chaves, A. R. M.; PINTO, J. M.; AIDAR, S. de T. **Trocas gasosas e produtividade de meloeiros cultivados sob agrotêxteis e a pleno sol**. 2015.

Chaves, M. M.; Maroco, J. P.; Pereira, J. S. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. **Functional plant biology**, v. 30, n. 3, p. 239-264. 2003.

Chaves, M. M. Effects of water stress on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, p. 1-16. 1991.

Costa, G. F. da; Marengo, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 229-234. 2007.

Dutra, I.; Medeiros, J. D.; Porto Filho, F. D. Q.; Costa, M. D. C Determinação do fator de cobertura do melão cultivado sob diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 146-151, 2000.

Faria, T.; Silvério, D.; Breia, E.; Cabral, R.; Abadia, A.; Abadia, J.; Chaves, M. M Differences in the response of carbon assimilation to summer stress (water deficits, high light and temperature) in four Mediterranean tree species. **Physiologia Plantarum**, v. 102, n. 3, p. 419-428, 1998.

Carlos, H. D. A.; Sobrinho, J. E.; de Medeiros, J. F.; Costa, M. D. C.; Nascimento, I. B.; Silva, M. C. D. C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 445-450. 2003.

Farooq, M.; Wahid, A.; Kobayashi, N.; Fujita, D.; Basra, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: Lichtfouse E., Navarrete M., Debaeke P., Véronique S., Alberola C. **Sustainable agriculture**. Netherlands: Springer, 2009. p. 153-188.

Fernández, C. J.; McInnes, K. J.; Cothren, J. T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

Fischer, R. A. Effect of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. In: **Plant Response to Climatic Factors Proceedings of the uppsala Symposium**. p. 233-241. 1973.

Gardner, W. R., And Nieman, R. H. Lower Limit of Water Availability to Plants. **Science**, v. 143, n. 3613, p. 1460-1462. 1964.

Gong, H. J.; Chen, K. M.; Chen, G. C.; Wang, S. M.; Zhang, C. L. Effects of silicon on growth of wheat under drought. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 5, p. 1055–1063. 2003.

Heinemann, A. B.; Andrade, C. D. L. D.; Gomide, R. L.; Amorim, A. D. O.; Paz, R. D. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

Herrick, E. M. Seasonal and diurnal variations in the osmotic values and suction tension values in the aerial portions of *Ambrosia trifida*. **American Journal of Botany**, v. 20, n. 1, p. 18-34. 1933.

Hsiao, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 519-570. 1973.

Ijtin, W. S. Causes of death of plants as a consequence of loss of water: conservation of life in desiccated tissues. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 80, n. 3, 166-177. 1953.

Jambunathan, N. Determination and detection of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, and electrolyte leakage in plants. **Methods in Molecular Biology**, v. 639, n. 1, p. 292-297. 2010.

Jarvis, P. G. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 273, n. 927, p. 593-610. 1976.

Kerbauy, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Kirnak, H. et al. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 3/4, p. 34-46. 2001.

Kramer, P. J. Problems in water relations of plants and cells. **International Review of Cytology**, v. 85, n. 1, p. 253-286. 1983.

Kramer, P. J.; Boyer, J. S. **Water relations of plants and soils**. New York: Academic Press, 1995.

Kusvuran, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

Lawlor, D. W. Limitation to Photosynthesis in Water-stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. **Annals of Botany**, v. 89, n. 7, p. 871–885. 2002.

Lima, E. D. C.; Faria, L. D. A.; Siqueira, W. D. C.; Rezende, F. C.; Gomes, L. A. A.; Custódio, T. N. Crescimento e produção de melão cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. **Irriga**, v. 14, n. 4, p. 449-457. 2009.

Ludlow, M. M. Effect of Water Stress on the Decline of Leaf Net Photosynthesis with Age. In: Marcelle, R. (Ed.). **Environmental and Biological Control of Photosynthesis**. Diepenbeek: The Hague, 1975. p. 123-134.

Manivannan, P.; Jaleel, C. A.; Kishorekumar, A.; Sankar, B.; Somasundaram, R.; Sridharan, R.; Panneerselvam, R. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* L. Walp. by propiconazole under water deficit stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 57, n. 1, p. 69-74. 2007.

Marenco, R. A.; Lopes, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

Markhart, A. H. Comparative water relations of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus acutifolius* Gray. **Plant Physiology**, v. 77, p. 113-117. 1985.

McDonald, A.; Davies, W. J. Keeping in touch: responses of the whole plant to deficits in water and nitrogen supply. In: Callow, J. A. (Ed.). **Advances in Botanical Research**, San Diego: Academic Press, 1996. p. 228-319.

Medeiros, J. D.; Silva, M. D. C.; Câmara Neto, F. G.; Almeida, A. D.; Souza, J.; Negreiros, M. D.; Soares, S. P. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 792-797, 2006.

Medina, C. L.; Machado, E. C.; Gomes, M. D. M. D. A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'Valência' sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 1, p. 29-34. 1999.

Menconi, M.; Sgherri, C. L. M.; Pinzino, C.; Navari-Lizzo, F. Activated oxygen production and detoxification in wheat plants subjected to a water deficit programme. **Journal Experimental Botany**, v. 46, n. 9, p. 1123-1130. 1995.

Monteiro, R. O. C.; Costa, R. N. T.; Leão, M. C. S.; Aguiar, J. V. Eficiência do uso da água e nitrogênio na produção de melão. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 367-377, 2008.

Nascimento, I. B.; Farias, C. H. A.; Silva, M. C. C.; de Medeiros, J. F.; Sobrinho, J. E.; Zuleide de Negreiros, M. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura brasileira**, v. 20, n. 4, p. 556-558. 2002

Nonami, H. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. **Journal of Plant Research**, v. 111, n. 3, p. 373-382. 1998.

Oliveira, F. D. A.; de Medeiros, J. F.; de Souza Lima, C. J. G.; Dutra, I.; de Oliveira, M. K. T.; Graças Amâncio, M. Acúmulo e partição de matéria seca, nitrogênio e potássio pelo meloeiro fertirrigado. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 24-31. 2009.

Pandey, S.; Ansari, W. A.; Atri, N.; Singh, B.; Gupta, S.; Bhat, K. V. Standardization of screening technique and evaluation of muskmelon genotypes for drought tolerance. **Plant Genetic Resources**, v. 16, n. 1, p. 1-8. 2016.

Pereira Filho, J. V. **Cultivo do melão sob diferentes frequências de irrigação e parcelamento da adubação nitrogenada no Vale do Curu, CE**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 95 p.

Pereira Filho, J. V.; Bezerra, F. M. L.; Silva, A. R. A.; Sousa, C. C. M.; Castro, J. M. Frequência de irrigação e aplicação de N em meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do Nordeste. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 11-22. 2014.

Pimentel, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. D. F.; Santos, J. D.; Nunes, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

Ramos, A.; Bovi, M. L.; Folegatti, M. V. Desenvolvimento vegetativo da pupunheira irrigada por gotejamento em função de níveis de depleção de água no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 28-33. 2002.

Razzaghi, F.; Ahmadi, S. H.; Adolf, V. I.; Jensen, C. R.; Jacobsen, S. E.; Andersen, M. N. Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity and soil drying. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 197, n. 5, p. 348-360. 2011.

Resende, M. D. V de. **Selegen-Reml/Blup**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

Richards, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, v. 28, n. 10, p. 451-454. 1947.

Safira Embrapa. 2010. Disponível em: <<https://labimagem.cnpdia.embrapa.br/Ferramentas.aspx?ferramenta=3>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

Sharma, S. P.; Leskovar, D. I.; Crosby, K. M.; Volder, A.; Ibrahim, A. M. H. Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 136, p. 75-85. 2014.

Silva, B. B.; Ferreira, J. D. S.; Rao, T. V. R.; Silva, V. Características de parâmetros fisiológicos e de crescimento do meloeiro irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 45-52, 2005.

Sinclair, T. R.; Ludlow, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 3, p. 329- 341. 1986.

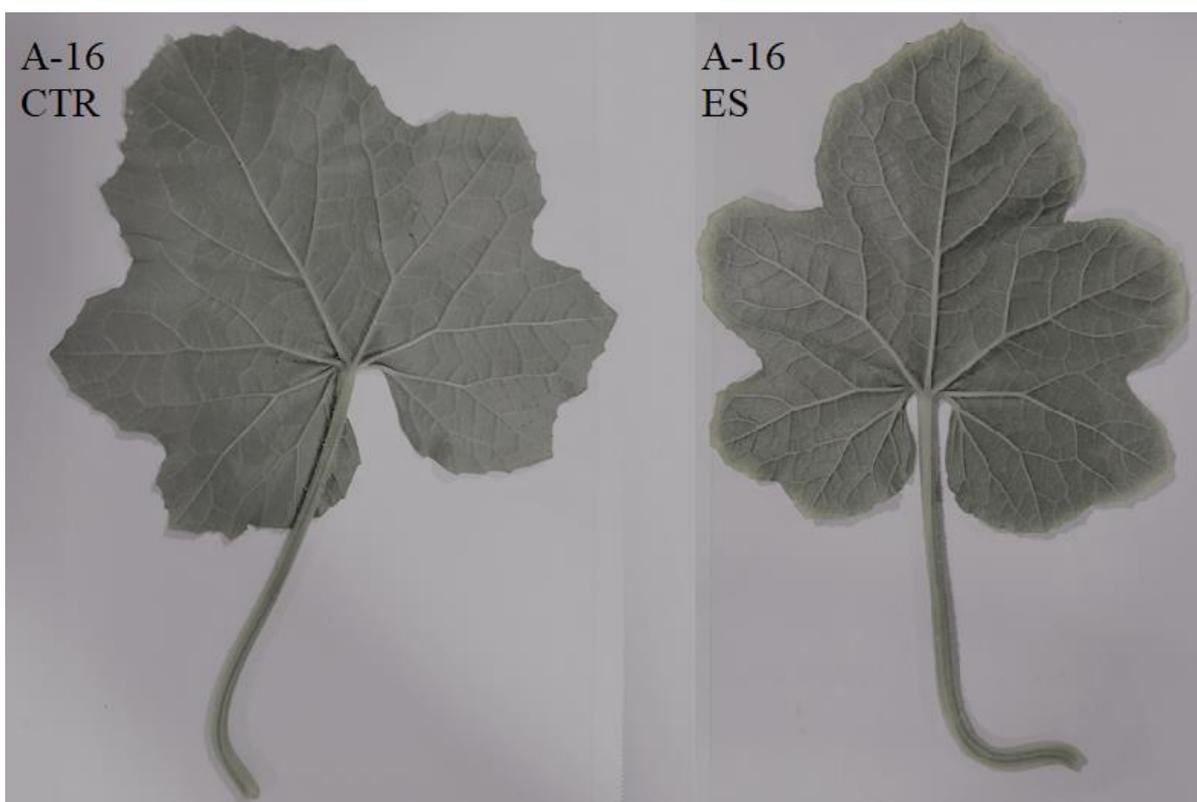
EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 286 p.

Sultan, S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in plant science**, v. 5, n. 12, p. 537-542. 2000.

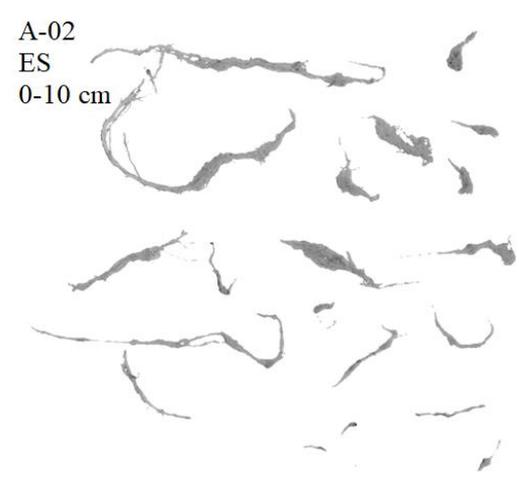
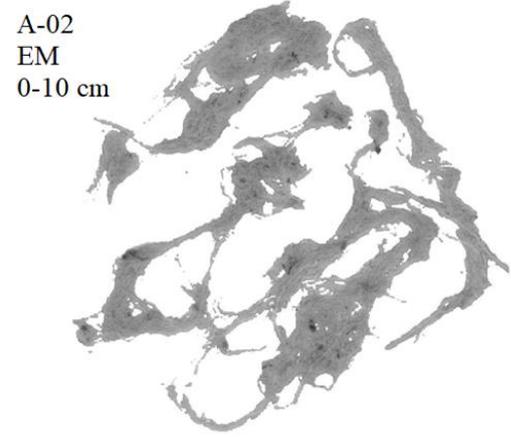
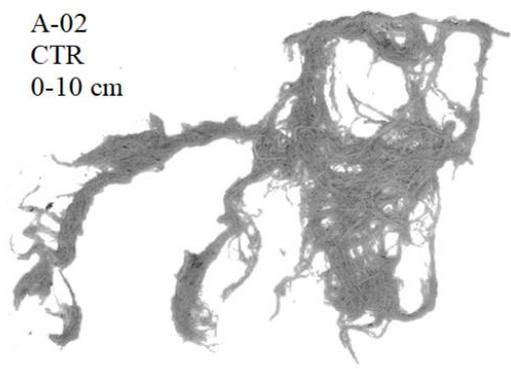
Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.
- Tanner, C. B. Plant Temperatures. **Agronomy Journal**, v. 55, n. 2, p. 210-211. 1963.
- Tardieu, F. Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. **Frontiers in Physiology**, v. 4, p. 1-11, Feb. 2013.
- Turner, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant Soil**, v. 58, n. 1-3, p. 339-366. 1981.
- Taylor, H. M.; Gardner, H. R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. **Soil Science**, v. 96, n. 3, p. 153-156. 1963.
- Turner, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant Soil**, v. 58, n. 1-3, p. 339-366. 1981.
- Vaadia, Y.; Raney, F. C.; Hagan, R. M. Plant water deficits and physiological processes. **Annual review of plant physiology**, v. 12, n. 1, p. 265-292, 1961.
- Vale, N. M.; Barili, L. D.; Rozzeto, D. S.; Coimbra, J. L. M., Guidolin, A. F.; Köop, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 135-144, 2012.
- Van Genuchten, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science. Society of America. Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898. 1980.
- Yang F.; Miao L.F. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. **Silva Fennica**, v. 44, n. 1, p. 23-37. 2010.

ANEXOS

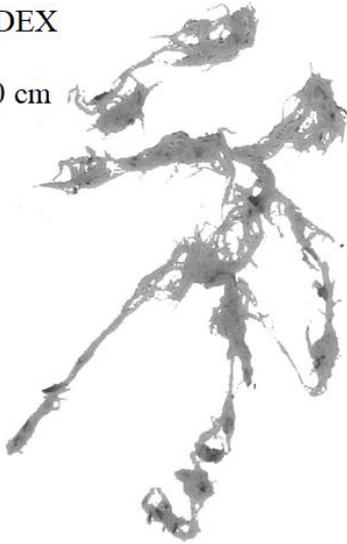


Comparativo da área foliar do acesso A-16 nos tratamentos controle (T3) e sob estresse severo (T1).



Densidade de raízes do acesso A-02 em amostra de 0-10 cm de solo desenvolvidas sob três níveis de umidade. CTR: controle; EM: estresse moderado; ES: estresse severo.

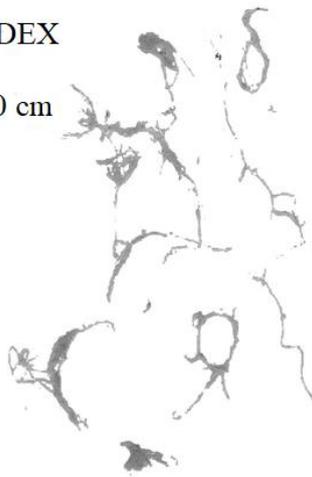
GOLDEX
CTR
10-20 cm



GOLDEX
EM
10-20 cm



GOLDEX
ES
10-20 cm



Densidade de raízes do híbrido 'Goldex' em amostra de 10-20 cm de solo desenvolvidas sob três níveis de umidade. CTR: controle; EM: estresse moderado; ES: estresse severo.