



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ÚRSULA BARROSO PRADO

ESTRESSE TÉRMICO E SALINO SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE CACTÁCEAS NATIVAS COM POTENCIAL ORNAMENTAL

FORTALEZA
2019

ÚRSULA BARROSO PRADO

ESTRESSE TÉRMICO E SALINO SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL
DE CACTÁCEAS NATIVAS COM POTENCIAL ORNAMENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho
Coorientador: Me. Charles Lobo Pinheiro

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P921

Prado, Úrsula Barroso.

Estresse térmico e salino sobre a germinação e crescimento inicial de cactáceas nativas com potencial ornamental / Úrsula Barroso Prado. – 2019.

50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.

1. Cereus jamacaru . 2. Melocactus zehntneri . 3. ImageJ. 4. Fatores abióticos. I. Título.

CDD 630

ÚRSULA BARROSO PRADO

ESTRESSE TÉRMICO E SALINO SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL
DE CACTÁCEAS NATIVAS COM POTENCIAL ORNAMENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 21/06/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Charles Lobo Pinheiro (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Pós-Dr^a. Haynna Fernandes Abud
ESALQ/USP

Me. Maria Liliane dos Santos Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*À Deus, aos meus avós Francisco das Chagas
Lopes Moreira e Maria Barroso Marques
Moreira, à minha mãe Carine Barroso
Moreira. Vocês são a razão de tudo o que sou.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ser o maior mestre de todos. Por, em sua infinita bondade, me mostrar milagres todos os dias. Por estar ao meu lado e, nos momentos em que pensei que não fosse forte, me mostrou o contrário.

À minha família, principalmente, aos meus avós Francisco Lopes e Maria Barroso, por serem pai e mãe, por terem feito de mim quem eu sou e quem eu posso ser. E, especialmente à minha avó Maria Barroso, por ter me preparado para voar nesse mundo gigante.

À minha mãe Carine Barroso, por ter tomado a decisão que mudaria todo o rumo de sua vida: Eu. Obrigada por ser a minha melhor amiga.

Aos meus irmãos Jonathan e Wallace por serem meus primeiros e melhores amigos. Prometo sempre proteger vocês.

Aos meus tios Maria Marlene, Carolina, Aldeone, Sandro, Sandra e Adriana por serem fonte de amor e inspiração.

Ao professor Sebastião Filho e ao doutorando Charles Lobo pelos seus esforços incansáveis na realização deste trabalho.

À banca avaliadora de Trabalho de Conclusão de Curso por ter, sabiamente, avaliado e acrescentado informações importantes para engrandecer o presente trabalho.

Ao professor Lamartine Soares por ser, não apenas orientador acadêmico, mas um orientador da vida.

Ao Engenheiro Agrônomo Lucas Leandro, pela orientação de estágio, pela compreensão e por sua imensa vontade de passar conhecimento.

Aos meus amigos da turma de Agronomia 2014.1 por suas histórias inspiradoras, Ruan Lessa, Davi Rodrigues, Carlos Eduardo, Cecílio Neto, Neville Monteiro, Adão Barros, Luiz Tiago, Júlio Cesar, Mateus Castro, Caíque Duarte, Lucas Fernando, Leny Pinheiro, Adriana Oliveira, Timóteo Sampaio, Antonio Givanilson, Murilo Mesquita, Reuel Scherrer, Giane Pedroso, Felipe Lopes, Natalia Dantas, Frederico Yan, Larissa Lopes, Larissa Nobre, Honório Neto, Antonio Yan e Samuel. Agora nossos caminhos trilham novos rumos, mas espero, em meio a estes novos caminhos, encontrá-los novamente para me orgulhar dos profissionais e seres humanos que vocês se tornaram.

Ao Cecílio Leite, por ter um dos cargos mais importantes da minha vida, meu melhor amigo. Obrigada por ter dito, diversas vezes a frase “Úrsula, você é grande”. Obrigada por me incentivar a voar, por apoiar e entrar nas minhas empreitadas, por ter enxugado minhas lágrimas sempre que precisei, por me ajudar na realização deste trabalho, por ser um grande exemplo de profissional e ser humano.

À Larissa Lopes, por todos os risos mesmo quando tudo ia mal, pelo apoio mútuo de todos os dias, por ser minha futura sócia e por ser luz no mundo. É muito bom ver Deus em você, minha amiga.

Ao Ruan Lessa, por sua amizade, pelos estudos antes das provas, pelos conselhos, por sua preocupação e por ter feito parte dessa história. Obrigada pela aventura desses 5 anos, meu amigo.

Aos amigos que, de alguma forma, me ajudaram na execução deste trabalho: Givanilson Rodrigues, Larissa Lopes, Giane Pedroso, Ruan Lessa, Cecílio Neto, Gabriel Firmino e Dona Regina. Obrigada pelas horas de apoio que vocês me deram em finais de semana, feriados e horários de almoço.

Aos meus amigos do grupo Power Ranges, Davi Rodrigues, Cecília Yohanna, Cecílio Neto, Mateus Castro, Rafael Santos, Reuel Scherrer e Ruan Lessa por terem tornado as noites de estudos mais leves, as provas menos exaustivas e pelos “furtos” aos pés de jambu da Universidade.

Aos amigos do grupo Massa, pelas constantes palavras de incentivo e pelos risos fáceis.

Aos grupos de pesquisa da Universidade Federal do Ceará por onde tive a graça de passar e acumular bagagens de aprendizado para chegar até aqui: GAUFC, GEMASA, MASSA, GEPS. E ao seu Evangelista (Orquidário UFC) por ter plantado em mim a semente do amor às flores.

À equipe do projeto Hortas Sociais – Fortaleza Cidade Amiga do Idoso por ter acreditado em mim e me apoiado nesta pesquisa.

À Embrapa Agroindústria Tropical pelo material cedido para a realização deste trabalho, através do banco de sementes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical.

À Universidade Federal do Ceará por ter sido incubadora de ideias e conhecimento, fazendo gerar esta profissional.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

“O meu ou o seu caminho não são muito diferentes. Tem espinho, pedra e buraco pra mói de atrasar a gente. Mas não desanime por nada pois até uma topada empurra você pra frente.”

(Bráulio Bessa)

RESUMO

As mudanças climáticas podem vir a ocasionar condições de estresses abióticos que afetam a produção agrícola e a vegetação natural de distintos ecossistemas, especialmente na região da Caatinga devido ao efeito negativo do aumento da salinidade e da temperatura. Em decorrência a isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o crescimento inicial de plântulas das Cactaceae *Cereus jamacaru* e *Melocactus zehntneri*, como forma do estudo da dinâmica das cactáceas sob estresses térmico e salino. O experimento foi conduzido em germinadores do tipo B.O.D. no Laboratório de Sementes da UFC. Sua montagem foi feita em parcela subdividida, no espaço, com tratamentos formados pelo arranjo das concentrações salinas, com diluição de Cloreto de Sódio (NaCl) nas concentrações 0 (água destilada) (C0), 5 (C1), 10 (C2), 15 (C3) e 20 (C4) dS.m⁻¹, e temperatura de 30°C e 35°C, com efeito analisado separadamente nas duas espécies de cactáceas. As variáveis analisadas foram germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e área, e foram submetidas a análise de variância e os que apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, tiveram comportamento representado por meio de modelo de regressões, obtidos pelo *software* TableCurve versão 5.01. As informações da variabilidade da coloração das plântulas, obtidas através do *software* ImageJ, foram analisadas por meio do teste de correlação Pearson, com as demais variáveis de germinação e vigor obtidas. Na coroa-de-frade, não houve interação entre os fatores abióticos. A espécie se mostrou mais tolerante a fatores abióticos, apresentando maior índice de germinação na temperatura de 35°C e baixos danos no crescimento das plântulas quando submetidos à salinidade. No mandacaru sem espinhos, a associação dos estresses abióticos térmico e salino influenciou no processo germinativo e crescimento inicial das plântulas de forma negativa, tendo obtido melhores resultados apenas nas temperaturas de 30°C e CE de até 15dS.m⁻¹. As plântulas apresentaram tons mais claros de vermelho e verde à medida que houve aumento dos estresses abióticos.

Palavras-chave: *Cereus jamacaru*, *Melocactus zehntneri*, Fatores abióticos, ImageJ.

ABSTRACT

Climate change may lead to abiotic stress conditions affecting agricultural production and natural vegetation of distinct ecosystems, especially in the Caatinga region due to the negative effect of increased salinity and temperature. As a result, the present work had as objective to evaluate the germination and initial growth of Cactaceae *Cereus jamacaru* and *Melocactus zehntneri*, as a way of studying the dynamics of Cactaceae under thermal and saline stresses. The experiment was conducted on B.O.D. in the UFC's Seed Laboratory. Their assembly was done in a subdivided plot, in the space, with treatments formed by the arrangement of the salt concentrations, with dilution of Sodium Chloride (NaCl) at concentrations 0 (distilled water) (C0), 5 (C1), 10 (C2), 15 (C3) and 20 (C4) dS.m⁻¹, and temperature of 30 ° C and 35 ° C, with effect analyzed separately in the two species of cacti. The analyzed variables were germination, germination speed index, shoot length, root length and area, and were submitted to analysis of variance and those that presented a significant difference at the 5% level, had behavior represented by a model of obtained by the TableCurve software version 5.01. The variability information of the seedlings obtained through the ImageJ software was analyzed using the Pearson correlation test, with the other variables of germination and vigor obtained. In the crown of the monk, there was no interaction between the abiotic factors. The species was more tolerant to abiotic factors, presenting a higher germination index at 35 ° C and low damage to seedling growth when submitted to salinity. In mandacaru without spines, the association of the thermal and saline abiotic stresses influenced in the germination process and initial growth of the seedlings in a negative way, obtaining better results only at temperatures of 30 ° C and CE of up to 15dS.m⁻¹. Seedlings showed lighter shades of red and green as abiotic stresses increased.

Keywords: *Cereus jamacaru*, *Melocactus zehntneri*, Abiotic factors, ImageJ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Área de ocorrência do Bioma Caatinga.....	21
Figura 2	– Cora-de-frade (<i>M. zehntneri</i>) encontrada em jardim da Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE, 2019.....	23
Figura 3	– Acessos de Mandacaru (<i>C. jamacaru</i>) sem espinhos cultivados e exportados pela empresa de plantas ornamentais Naturayo®, em Paracuru, CE, 2018.....	25
Figura 4	– Representação de um cubo com as cores do modelo RGB.....	30
Figura 5	– Sementes de <i>Melocactus zehntneri</i> (esquerda) e <i>Cereus jamacaru</i> (direita) armazenados em tubo de ensaio com sílica.....	31
Figura 6	– Troca de plântulas e sementes para material novo (placa, papel germitest e solução)	32
Figura 7	– Análise de imagens de plântulas normais de coroa de frade (<i>Melocactus zehntneri</i>) em software ImageJ®, obtidas a partir de scanner.....	34
Figura 8	– Germinação de sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho sob estresse salino e térmico.....	37
Figura 9	– Índice de velocidade de germinação de sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho sob estresse salino e térmico.....	39
Figura 10	– Área das plântulas de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho formadas nas condições de estresse térmico e salino.....	39
Figura 11	– Comprimento da parte aérea das plântulas de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho desenvolvidos em condições de estresse térmico e salino.....	40
Figura 12	– Comprimento do sistema radicular de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho desenvolvidos em nas condições de estresse térmico e salino.....	41
Figura 13	– Histograma de escalas de cores (RGB) presentes em plântula de mandacaru sem espinho (<i>Cereus jamacaru</i>) aos 21 dias de semeadura, em tratamento com zero salinidade.....	43
Figura 14	– Correlação das cores verde e vermelho com a germinação em estresse térmico e salino.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de variância com o quadrado médio do efeito da temperatura e concentração salina nas variáveis de germinação e vigor das sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho.....	36
Tabela 2 – Correlação coroa-de-frade.....	42
Tabela 3 – Correlação mandacaru sem espinho.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOD	Demanda biológica de oxigênio
C3	Via metabólica de fixação do Carbono
C4	Via metabólica de fixação do Carbono
CAM	Metabolismo ácido das Crassuláceas
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CE	Ceará
CEan	Condutividade elétrica da água utilizada (dS.m^{-1})
CEs	Condutividade elétrica a 25°C da água da mistura (dS.m^{-1})
Cl^-	Íon Cloro
CO_2	Dióxido de carbono
Cpa	Comprimento de parte aérea
Cr	Comprimento radicular
CS	Concentração salina
CV	Coefficiente de variação
dS.m^{-1}	DeciSiemens por metro
<i>et al.</i>	E outros
etc	Entre outros
FV	Fonte de variação
G	Sementes germinadas
GL	Grau de liberdade
io	Intensidade inicial
if	Intensidade final
IVG	Índice de velocidade de germinação
K^+	Íon Potássio
Km^2	Quilômetro quadrado
LAS	Laboratório de Análise de Sementes
m	Metro
mm	Milímetro
mm^2	Milímetro quadrado
Na^+	Íon sódio
NaCl	Cloreto de sódio

P	Porcentagem de pureza estimada
pH	Potencial hidrogeniônico
PM	Peso molecular
RAS	Regras para Análise de Sementes
RGB	Red, green, blue
RGBM	Teor médio de RGB
S	Salinidade
T	Temperatura
Ti	Tempo decorrido da semeadura
UFC	Universidade Federal do Ceará

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
®	Marca Registrada
Δi	variação da intensidade
*	Diferença significativa a 5%
**	Diferença significativa a 1%

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVO	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	Bioma Caatinga	21
3.2	Família Cactaceae	23
3.2.1	<i>Gênero Melocactus</i>	23
3.2.2	<i>Gênero Cereus</i>	24
3.3	Uso das Cactáceas	25
3.4	Valor econômico atual e potencial	26
3.5	Risco de extinção de espécies nativas	26
3.6	Propagação de Cactaceae	27
3.6.1	<i>Germinação de sementes nativas</i>	27
3.6.2	<i>Fatores abióticos na propagação de espécies nativas</i>	27
3.6.2.1	<i>Estresse salino</i>	28
3.6.2.2	<i>Estresse térmico</i>	28
3.7	Avaliação do crescimento de espécies nativas por meio de análise de imagen	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

Os estresses abióticos como déficit hídrico, salinidade e altas temperaturas são fatores que interferem nas produções agrícolas (MUNNS; TESTER, 2008) e na biodiversidade de ecossistemas naturais. A vegetação nativa da região semiárida brasileira, sobretudo do bioma Caatinga, está mais sujeita a enfrentar estes tipos de estresses abióticos. O estresse hídrico por exemplo está relacionado à má distribuição hidrográfica, com chuvas concentradas em um curto espaço de tempo (ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO, 2010), ou em decorrência dos frequentes de anos secos e dias secos, consecutivos durante a estação chuvosa (ANDRADE *et al.*, 2016).

A água representa um fator essencial e na região semiárida do Brasil, representa um fator limitante para o crescimento e o desenvolvimento das espécies nativas e agrícolas, em virtude dos efeitos negativos ocasionados as plantas pelo excesso ou baixa disponibilidade e também devido à baixa qualidade da água, em função do excesso de íons, que levam a salinização do solo e da água (REICHARDT, 1978). A salinidade em solos de regiões áridas e semiáridas expressa preocupação social, uma vez que milhões de hectares de terra em todo o mundo são afetados por sais (LIMA *et al.*, 2006).

Segundo Cavalcante (2000), essas áreas a cada ano estão potencializando a redução de sua capacidade produtiva, devido à concentração de sais nas águas de irrigação ou por efeitos da intensa evaporação, ocasionados por altas temperaturas, ou pela solubilização dos sais existentes no solo. Logo, o aumento da temperatura pode representar um fator agravante para produção agrícola e sobrevivência das espécies nativas do ecossistema das regiões áridas e semiáridas, pois pode intensificar o efeito negativo da seca e ocasionar o aumento de áreas salinizadas, portanto, as alterações destes fatores podem vir a alterar a população vegetal.

As plantas quando submetidas a estas condições de estresse podem apresentar mudanças nos aspectos morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, que levam a redução da produtividade e do crescimento (WANG *et al.*, 2003). Dentre as adaptações evolutivas as plantas que possuem o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), tem apresentado maior eficiência para sobreviver em ambiente com baixa disponibilidade de água e elevadas temperaturas (GOMES, 2014), metabolismo este presente principalmente em Cactaceae.

No ecossistema Caatinga, as espécies de cactos quando propagadas naturalmente, via sexuada, requerem luz para iniciar o processo germinativo e tolera elevadas temperaturas durante esse estágio de germinação e estabelecimento (MEIADO, 2012), porém, o efeito da

combinação de estresse abióticos simultâneos, como aumento da temperatura e salinidade do substrato, ainda são limitados. As cactáceas apresentam grande diversidade com espécies de potencial forrageiro, alimentício e ornamentais, em função das variações de formas, tamanhos e flores (NOBEL, 2002). Mais de 300 espécies de cactos são cultivadas mundialmente como ornamentais e comercializadas em lojas, supermercados e viveiros (NASCIMENTO, 2011).

De acordo com Cavalcante e Vasconcelos (2016), atualmente, países europeus naturalmente não detentores de nenhuma espécie de cacto em sua região, como a Holanda, Inglaterra e Alemanha, multiplicam, em condições artificiais para fins ornamentais, uma ampla variedade desses indivíduos a partir de espécies de cactos que são comercializados legalmente para vários países do mundo. A região semiárida, apesar de dispor de condições climáticas ideais e ser berço natural de cactos no Brasil, ainda pouco utiliza deste recurso biológico, deixando de gerar riquezas para a região, de promover a valorização do bioma Caatinga e de combater o tráfico ilegal de espécies através dos parâmetros de lei aos quais o mercado se insere (CAVALCANTE e VASCONCELOS, 2016).

Segundo Andrade (2007), a exploração comercial desses recursos depende, entre outras condições, do conhecimento biológico dessas espécies e do desenvolvimento de técnicas eficientes de propagação para a produção em escala comercial, evitando a extração predatória na natureza. Essas técnicas racionais, além de protegerem a natureza, promovem, segundo Melo (1996), uma qualidade superior às plantas.

Dentre as cactáceas com alto potencial ornamental estão a coroa-de-frade (*Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb) e o mandacaru sem espinho (*Cereus jamacaru* DC.). Com a que finalidade de viabilizar a conservação e a produção de mudas em larga escala, que poderão ser utilizadas para recompor áreas, bem como ser comercializadas para atender a demanda do mercado paisagístico nacional, torna-se cada vez mais urgente e relevante o desenvolvimento de pesquisas acerca dessas e de outras espécies com potencial ornamental do bioma Caatinga (SOUZA *et al.*, 2012).

2. OBJETIVO

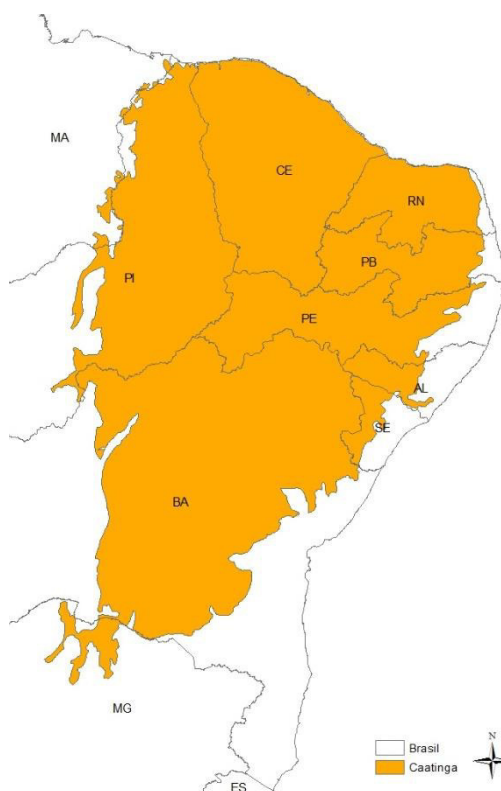
Determinar o efeito dos estresses térmico e salino na germinação e crescimento inicial de coroa-de-frade e mandacaru sem espinhos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bioma Caatinga

O Domínio Fitogeográfico da Caatinga é a maior ecorregião semiárida tropical da América do Sul (MORO *et al.*, 2016). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), a caatinga ocupa uma área de aproximadamente 844.453 km², o equivalente a 11% do território nacional, se estendendo pelos estados do Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (Figura 1).

Figura 1 – Área de ocorrência do Bioma Caatinga.



Fonte: SNIF – Serviço Florestal Brasileiro, 2019. Disponível em <<http://snif.florestal.gov.br/en/dados-complementares/262-perda-da-cobertura-florestal-caatinga-mapas>>.

A região semiárida, bem como o bioma Caatinga, é caracterizada pela sua má distribuição hidrográfica. Segundo Andrade *et al.* (2016), frequentemente ocorrem anos secos como também dias secos consecutivos durante a estação chuvosa. Também é característico desta região a ocorrência de chuvas concentradas em um curto espaço de tempo, sendo comum precipitar em um único mês um volume superior a 70% da média de chuvas da região (ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO, 2010), mostrando a necessidade da vegetação de armazenar água das chuvas em suas estruturas internas para sobreviver aos meses secos.

A água é fator fundamental na produção vegetal e sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas (SANTI, 2006). O solo serve como reservatório de água para as plantas, armazenando água temporariamente e fornecendo de acordo com a necessidade da planta. Segundo Reichardt (1985), como a recarga natural (chuvas) deste reservatório é descontínua, o volume disponível às plantas é variável, o que acarreta uma deficiência hídrica nos períodos do ano com menor incidência de chuvas.

Ao longo do curso da evolução dos vegetais tem ocorrido um ajuste às condições de disponibilidade de água. Aqueles que nas trocas climáticas sucessivas ao longo das eras geológicas não desenvolveram estruturas anatômicas e mecanismos fisiológicos adaptados às novas condições, desapareceram. Só persistiram os que foram capazes de viver nas diversas situações hídricas que hoje se encontram sobre o planeta (UFRB, 2015), através de adaptações em sua morfologia e fisiologia vegetal.

Dentre as inúmeras respostas das plantas à falta de água, algumas são nocivas e outras podem ser consideradas como adaptativas (PIMENTEL, 2004). Seguindo a proposta de classificação destas, feita por Turner (1986), as principais respostas adaptativas de escape à seca são o desenvolvimento fenológico rápido e a plasticidade de desenvolvimento, podemos citar como exemplo as plantas xerófitas, que ocorrem geralmente em desertos ou em regiões de baixa precipitação pluviométrica. Em geral, estas plantas apresentam algumas adaptações: folhas pequenas, muitas vezes suculentas; presença de pelos e espinhos; armazenamento de água em caules e folhas; cutícula cerosa, e quase sempre apresentam o metabolismo CAM (UFRB, 2015).

No Brasil, um exemplo típico deste desenvolvimento fenológico rápido ocorre com as plantas nativas da caatinga nordestina, onde estas se mantêm em estado vegetativo durante o período seco e, quando ocorrem chuvas, desenvolvem rapidamente suas flores e depois suas sementes, completando seu ciclo reprodutivo em um curto espaço de tempo (PIMENTEL, 2004).

Um exemplo claro de plantas com características adaptativas a regiões áridas e semiáridas é da família Cactaceae. Cutler (2011), inclusive, descreve os espinhos das cactáceas como uma ferramenta importante para a obtenção de água pela planta:

“Os espinhos das cactáceas atuam como sombra nas nervuras. A camada espessa de ceras epicuticulares maximiza a reflexão da luz ultravioleta prejudicial. As nervuras atuam como radiadores ao dissiparem o calor, assim como os espinhos que são folhas modificadas. Durante as noites frias, as nervuras e o espinhos são áreas

onde a umidade se condensa, goteja e/ou escorre para as raízes na base das plantas. Desse modo, não só previnem a herbivoria, mas também fornecem sombra, atuam como radiadores e auxiliam na obtenção de umidade.”

3.2 Família Cactaceae

A Família Cactaceae faz parte do grupo das Angiospermas e representa o segundo grupo mais numeroso da região neotropical. São encontradas em uma diversidade de clima, solo e ecossistemas com maior ocorrência na Caatinga, Florestas Tropicais, Cerrado, Campos Rupestres e Restingas (CRUZ, 2011).

Segundo Gomes (2014), fisiologicamente, as cactáceas caracterizam-se por apresentarem um tipo específico de metabolismo, denominado metabolismo ácido das crassuláceas, ou simplesmente CAM, contendo um mecanismo de concentração de dióxido de carbono (CO₂) constituindo um sistema altamente eficiente no uso da água quando comparado ao metabolismo das plantas com fisiologia C3 e C4.

A maioria dessas plantas pertence aos gêneros *Cereus*, *Pilosocereus* e *Melocactus*, representados principalmente por *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) e várias espécies de coroa-de-frade, como, por exemplo, o *Melocactus zehntneri* e o *Melocactus bahiensis* (CORREIA, 2012).

3.2.1 Gênero *Melocactus*

O gênero *Melocactus*, cujas plantas são conhecidas como coroa-de-frade ou cabeça-de-frade agrupa mais de 38 espécies (TAYLOR; ZAPPI, 2004).

O maior centro de diversidade do gênero é o Brasil, que conta com 23 espécies, sendo 21 endêmicas (Taylor *et al.*, 2015). Enquanto o Estado da Bahia possui a maior biodiversidade de coroas-de-frade do País, o Ceará registra somente quatro espécies do gênero, dentre elas o *M. zehntneri* (Figura 2), que segundo (MENEZES *et al.*, 2013), representa uma das espécies de maior distribuição no Estado.

Figura 2 – Cora-de-frade (*M. zehntneri*) encontrada em jardim da Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE, 2019.



Fonte: Úrsula Prado, 2019

3.2.2 Gênero *Cereus*

As espécies pertencentes ao gênero *Cereus* possuem hastes eretas, altas e colunares, com exceção do *C. pachyrhizus* (BRITTON & ROSE, 1963). Porém, são observadas variações com plantas de porte baixos e espalhados. Essas hastes geralmente são muito ramificadas e apresentam de 4 a 6 linhas (“ribs”) bastante salientes, com as aréolas presentes no caule com espinhos, mas nunca na forma filamentosa alongada e flexível. As flores são noturnas e alongadas em forma de funil. Várias espécies desse gênero são popularmente conhecidas como mandacaru.

O mandacaru (*C. jamacaru*) (Figura 3), é uma Cactaceae que ocorre nas caatingas nordestinas de grande importância para a sustentabilidade e conservação da biodiversidade do bioma Caatinga. Seus frutos são fonte de alimentos para pássaros e animais silvestres da caatinga (CAVALCANTI & RESENDE, 2006b) porém, em períodos de estiagem, seu caule serve de suporte forrageiro para ruminantes em virtude do seu teor proteico. Além disso, o mandacaru é um imponente cacto colunar que se destaca pelo seu alto potencial ornamental (BRASIL, 2002). Sua distribuição ocorre principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia (LIMA, 1996).

Em alguns estados no Nordeste, principalmente no Rio Grande do Norte são encontradas algumas plantas de mandacaru sem espinhos que são denominadas de *C. hildmannianus*. O mandacaru sem espinhos foi encontrado, inicialmente, no litoral do Estado do Ceará. Esta espécie é muito utilizada como planta ornamental e apresenta elevado potencial para a alimentação animal, em função do seu teor proteico, que é de 11,41%, pouco acima do mandacaru tradicional, que apresenta teor proteico de 9,72% (CAVALCANTI & RESENDE, 2006a).

Figura 3 – Acessos de mandacaru (*C. jamacaru*) sem espinhos cultivados e exportados pela empresa de plantas ornamentais Naturayo®, em Paracuru, CE, 2018.



Fonte: Larissa Lopes, 2018.

3.3 Uso das Cactáceas

Segundo levantamento etnobotânico da família Cactaceae feito por Bravo Filho (2018), *Cereus jamacaru subsp. jamacaru* se insere nas categorias de uso, alimentar, bioindicador, construção, forragem, medicinal, místico-cultural e ornamental. Já *M. zehntneri* se insere nas categorias de uso: alimentar, forragem, medicinal, místico, ornamental e fabricação de objeto.

Dentre os múltiplos usos das plantas, a finalidade ornamental tem se mostrado de grande. Com formas de crescimento estranhas, bem como detentoras de flores belas e atrativas, as

plantas ornamentais têm uma longa história de uso e sempre foram consideradas valiosas (CAVALCANTE; VASCONCELOS, 2016).

3.4 Valor econômico atual e potencial

Fischer *et al.* (2007) mencionam que, por razões culturais, desde a época colonial o paisagismo no Brasil prioriza o uso de plantas exóticas sobre as nativas. Por outro lado, Heiden *et al.* (2007) reportam que o potencial ornamental de muitas espécies nativas brasileiras tem sido reconhecido por outros países. Isso evidencia o potencial do uso ornamental de plantas nativas entre sua própria população e mostra a necessidade de serem feitas pesquisas de satisfação como forma de obtenção de um possível novo mercado.

A redução no uso de plantas ornamentais exóticas ou sua total substituição por espécies nativas é uma tendência atual do paisagismo (BECKMANN *et al.*, 2017). Além disso, a inserção de plantas nativas na cadeia produtiva da floricultura representa um diferencial em um mercado altamente competitivo, atento às novidades e com tendência a adotar produtos de impacto ambiental reduzido (BECKMANN *et al.*, 2017), onde a inserção dessas plantas em cultivos comerciais e sua posterior utilização são também formas efetivas de colaborar com a conservação *ex-situ* (STUMPF *et al.*, 2009).

O estudo de características fisiológicas de produção dessas espécies são o passo inicial para a inserção de um novo mercado produtivo. Segundo Beckmann *et al.* (2017), no Brasil, vários estudos com espécies nativas e endêmicas para uso no paisagismo têm mostrado resultados positivos que evidenciam perspectivas de novidades para a floricultura nacional. A indicação do potencial ornamental de 43 espécies do Bioma Caatinga estudados por Beckmann *et al.* (2017) reforça e estimula o uso de espécies do bioma Caatinga em projetos de paisagismo no Brasil.

Além disso, diversos produtores distribuídos em várias regiões realizam, atualmente, o cultivo de cactos e outras suculentas, sob condições ambientais adversas, como escassez de água, relevo acidentado, solos rasos, degradados ou salinos, tornando-se alternativa de geração de trabalho, emprego e renda para áreas antes consideradas inadequadas para a agricultura comercial e sustentável (ANDRADE, 2007), atingindo não apenas grandes produtores mas chegando até a agricultura familiar, principalmente.

3.5 Risco de extinção de espécies nativas

A Caatinga é um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades humanas, onde ocorrem as maiores áreas em processo de desertificação do País (BRASIL, 2002). As ações antrópicas na Caatinga têm acarretado vários problemas ambientais no semiárido brasileiro, dentre eles a redução da biodiversidade do bioma, degradação do solo, comprometimento de sistemas produtivos e a desertificação de extensas áreas na maioria dos estados da região (MAIA, 2004).

O principal argumento para apoiar a conservação das Cactaceae do Brasil relaciona-se com o grau de singularidade que as Cactaceae brasileiras possuem, em termos de gêneros e espécies endêmicas, com relação às Américas como um todo (ZAPPI *et. al*, 2011). Para Correia (2012), faz-se necessária a exploração racional desses recursos, sendo importante o avanço do conhecimento biológico dessas espécies e o desenvolvimento de técnicas eficientes de propagação para a produção de mudas, em escala comercial, evitando a extração predatória na natureza.

Correia (2012), demonstra que nos últimos anos, a Embrapa Agroindústria Tropical tem mostrado interesse na família Cactaceae, realizando pesquisas com cactáceas para selecionar materiais com potencial ornamental, forrageiro e outros usos em geral (fibras, nanofibras, pectina, biopolímeros, hidrogéis, etc.). Dantas *et al.* (2014) afirma que, a comercialização das sementes da Caatinga ainda é incipiente, mas as sementes da Caatinga felizmente estão sendo estudadas em várias instituições do Nordeste, do Brasil e do mundo.

3.6 Propagação de Cactaceae

3.6.1 Germinação de sementes nativas

No quesito propagação, a produção de mudas de mandacaru é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, uma vez que delas depende o desempenho final das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2008), podendo ser produzidas por germinação de sementes ou por multiplicação de partes vegetativas (CORREIA, 2011).

3.6.2 Fatores abióticos na propagação de espécies nativas

Estresses abióticos, como salinidade e altas temperaturas, são exemplos de diferentes fatores ambientais responsáveis por perdas significativas da produção agrícola, em diversas partes do mundo (MUNNS; TESTER, 2008).

Durante os últimos 400 milhões de anos de evolução das plantas, com a pressão seletiva de ambientes secos e salinos fora dos mares, as variações no comportamento entre espécies começaram a evoluir, surgindo plantas mais adaptadas aos ambientes mais áridos (Dietrich *et*

al., 2001). Visto que a agricultura tem aproximadamente 10.000 anos, o processo seletivo feito pelo Homem, por mais que tenha tido avanços, não pode ser comparado com a seleção natural ocorrida nos ambientes marginais, onde as plantas nativas dessas áreas se desenvolveram por um longo período (PIMENTEL, 2004).

3.6.2.1 Estresse salino

O uso de água de irrigação, com teores elevados de sais, leva a deposição destes sais no solo, pois a água se evapora e o sal fica na superfície do solo. No Nordeste brasileiro, por exemplo, a água do subsolo é frequentemente salina (PIMENTEL, 2004).

As plantas CAM, por manterem seus estômatos abertos durante a noite e fechados durante o dia, tem maior eficiência no uso da água. Entretanto, pouco se sabe sobre sua tolerância à salinidade. De acordo com exposto por Horie e Schroeder (2004), a salinidade pode causar dois tipos de estresse nos tecidos e órgãos das plantas superiores: déficit hídrico, como resultado de uma alta concentração de solutos no ambiente radicular, e estresse iônico, o qual decorre, em grande parte, de alterações nas relações Na^+ / K^+ e de concentração excessiva de íons salinos (Na^+ , Cl^-) em especial nas folhas, que são prejudiciais ao metabolismo celular.

3.6.2.2 Estresse térmico

Temperaturas elevadas podem afetar diferentes processos metabólicos, incluindo fotossíntese, respiração, relações hídricas, fluidez e estabilidade dos sistemas de membranas, além de modular os níveis de hormônios e de metabólicos primário e secundário (WAHID *et al.*, 2007). Em geral, as plantas exibem diferentes respostas em função da temperatura ambiental em que se encontram (DUTRA, 2011). Algumas dessas respostas são rápidas enquanto outras ocorrem em resposta a estímulos cumulativos da temperatura, variando desde dias até semanas, como quebra de dormência e vernalização (DUTRA, 2011).

3.7 Avaliação do crescimento de espécies nativas por meio de análise de imagens

De acordo com Barbosa *et al.* (2015), a análise das plantas pelo homem não tem uma origem exata, mas provavelmente passou a ser mais importante a partir do cultivo das plantas, com a observação do comportamento e da produção vegetal em função da variação de fatores bióticos e abióticos. Para a obtenção dessas informações fisiológicas, utiliza-se, corriqueiramente, métodos destrutivos, como análise de clorofila e percentual de massa seca e, não destrutivos, como medição de comprimento de parte aérea.

Os métodos não destrutivos apresentam a possibilidade de se avaliar comportamentos vegetais ao longo do tempo em um mesmo indivíduo ou em um grupo de indivíduos

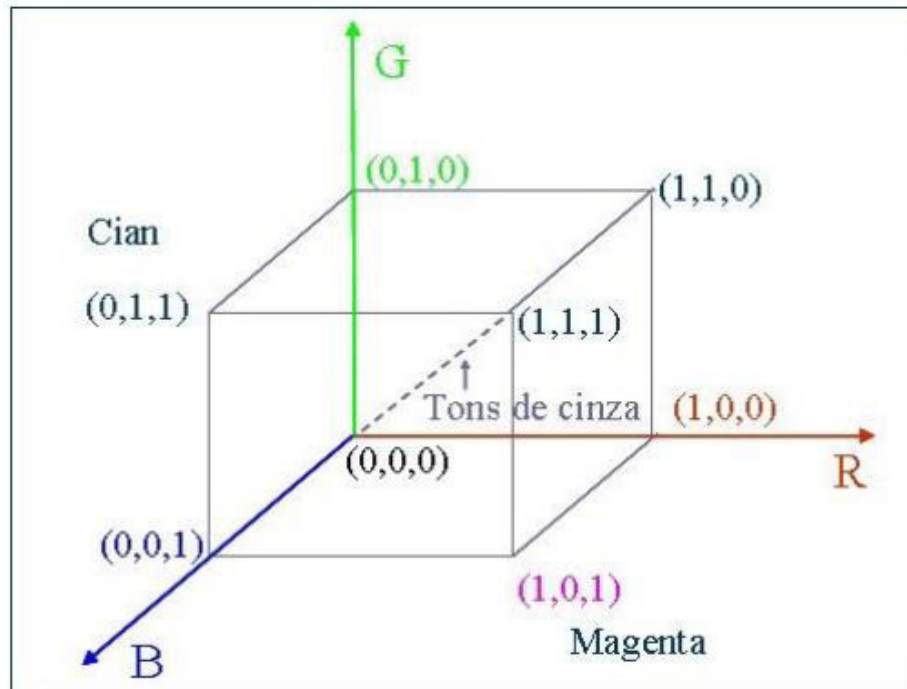
(BARBOSA *et al.*, 2015). Um dos métodos de características não destrutivas refere-se ao uso de imagens obtidas com câmera. Imagens foram utilizadas pela primeira vez para avaliar o efeito da aplicação do fitohormônio etileno sobre a altura de plântulas de aveia e ervilha (Van Der Laan, 1934). Atualmente, com o advento dos computadores e das câmeras digitais, o uso de imagens digitais tornou-se mais difundido em função da praticidade e acessibilidade (BARBOSA *et al.*, 2015). As câmeras digitais, scanners e vídeos permitem a aquisição de imagens com elevada eficiência. Tais imagens podem compor um banco de dados possibilitando o monitoramento do evento estudado e avaliações futuras sob novas perspectivas ou simplesmente a disponibilização de imagens para comparação visual (ELICEIRI *et al.*, 2012). Entretanto, para minimizar o julgamento do observador, as imagens digitais necessitam do auxílio de softwares que ampliem as possibilidades de extração de informações (FRENCH *et al.*, 2009)

O *software* ImageJ (anteriormente chamado NIH Image) é um programa de processamento de imagens digitais (obtidas com câmera ou escâner) de domínio público, escrito em Java e desenvolvido no *National Institutes of Health*. Na análise de plantas o ImageJ, por si só é capaz de determinar comprimento, formato, cor e superfície foliar, com nível de automação dependente da variável a ser obtida (BARBOSA *et al.*, 2015).

Para a apresentação de cores em sistemas digitais o principal sistema utilizado é o RGB (Figura 4) que é a abreviação de cores primárias: vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue) (RICKER, 2004). De acordo com Barbosa *et al.* (2015), nesse sistema cada pixel se caracteriza por um espaço espectro tridimensional contendo cada uma das três cores primárias (RGB), onde a interpolação dessas três cores resulta em uma cor por pixel. As imagens digitais comumente possuem pixels onde cada uma das três cores (RGB) apresenta 256 tonalidades, assim é possível a obtenção de mais de 16,7 milhões de cores ($256 \times 256 \times 256$).

O sistema RGB é um sistema aditivo, ou seja, a cor é gerada pela combinação de vários comprimentos de onda luminosa. É baseado em um sistema de coordenadas cartesianas determinadas em um cubo (RIBEIRO, 2016) (Figura 4).

Figura 4 – Representação de cores através de um cubo de cores do modelo RGB.



Fonte: CORREIA *et al.*, 2014.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e material vegetal

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. Foram utilizadas sementes de *Melocactus zehntneri* (coroa de frade) e *Cereus jamacaru* (mandacaru sem espinho) coletadas no ano de 2018 (Figura 5), provenientes do banco de sementes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da Embrapa Agroindústria Tropical, armazenadas em tubo de ensaio fechado contendo sílica gel, algodão e papel filtro.

Figura 5 – Sementes de *Melocactus zehntneri* (esquerda) e *Cereus jamacaru* (direita) armazenados em tubo de ensaio com sílica gel.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

As sementes foram previamente submetidas à desinfestação por meio da imersão em hipoclorito de sódio a 2,5% por 5 minutos, e então, lavadas em água destilada para retirada do agente desinfestante, em seguida distribuídas sobre folhas de papéis toalha, onde permaneceram secando para remoção da água superficial da lavagem, em temperatura ambiente de 25°C e umidade relativa de 55%.

Preparo e condução do experimento

As sementes foram submetidas ao teste de germinação realizado em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, utilizando como substrato duas folhas de papéis Germitest®, previamente esterilizadas em autoclave à 121°C durante 20 minutos, e posteriormente, umedecidas com solução salina na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009). As soluções salinas aplicadas foram preparadas com base na diluição de Cloreto de Sódio (NaCl)

nas concentrações 0 (água destilada) (C0), 5 (C1), 10 (C2), 15 (C3) e 20 (C4) dS.m⁻¹, com ajuste das concentrações realizados com base na equação de Richards (1954):

$$CS = \frac{0,001 \times (CEs - CEan) \times PM}{P} \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

CS = concentração (g.L⁻¹);

CEs = condutividade elétrica a 25°C da água da mistura (dS.m⁻¹);

CEan = condutividade elétrica da água utilizada (dS.m⁻¹);

PM = Peso Molecular do sal utilizado; e

P = porcentagem de pureza estimada do cloreto de sódio.

A tolerância ao estresse salino foi avaliada sobre as condições térmicas de 30 e 35°C, em germinadores do tipo Demanda Biológica de Oxigênio (B.O.D.), com fotoperíodo de 12 horas de luz, condições essas nas quais as sementes foram acondicionadas durante 21 dias. Os tratamentos foram formados por uma amostra de 100 sementes, subdivido em 4 repetições, que durante o período de acondicionamento foram transferidas a cada 3 dias, para um novo substrato com mesma concentração inicial (Figura 6).

Figura 6 – Mudança de plântulas e sementes para material novo (placa, papel germitest e solução).



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Variáveis analisadas

Porcentagem de germinação:

Avaliação realizada no 21º dia após a semeadura para determinar o percentual de plântulas normais, em relação ao número de sementes semeadas.

Índice de velocidade de germinação (IVG):

Durante o período de acondicionamento diariamente contabilizou-se o número de sementes germinadas, a formação de plântulas normais conforme descrição de Brasil (2009), e então, com base na germinação diária calculou-se o IVG, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \dots + \frac{G_i}{T_i} \dots\dots\dots(2)$$

Em que:

G_1, G_2, G_i = número de sementes germinadas a cada dia; e

T_1, T_2, T_i = número de dias decorridos da semeadura.

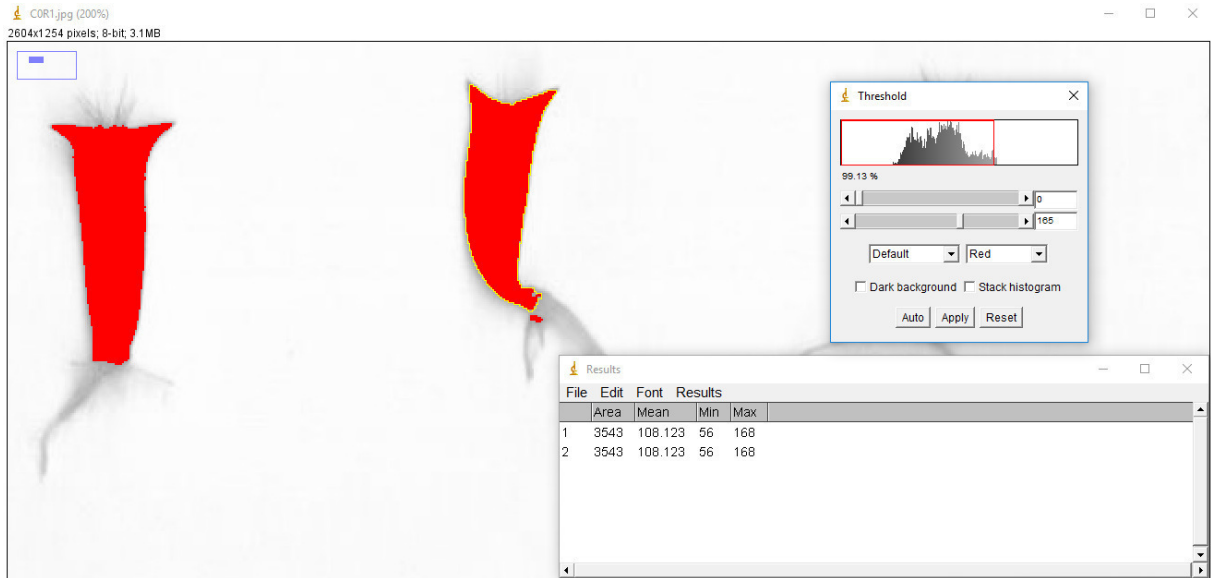
Crescimento das plântulas:

Após 21 dias de semeadura, as plântulas normais de cada tratamento foram analisadas através de imagens tiradas em scanner Hp Scanjet 2004 e captura de imagem 300Dpi utilizando cartolina branca como fundo para as plântulas. Foram testadas diversas cores de cartolina com a finalidade de se obter menores distorções da cor da cartolina com as cores variações de cores das plântulas, sendo a cartolina branca a que apresentou melhor qualidade de imagem, ou seja, não causou interferência nas cores. Durante o escaneamento foi inserido um filtro de imagem adaptado para os aspectos e tamanhos das plântulas estudadas com a finalidade de eliminar distorções e sombreamento nas imagens. As imagens foram salvas no disco rígido do computador para posteriores análises.

As imagens digitais adquiridas foram processadas utilizando o *software* ImageJ e realizada extração das características das imagens: área, comprimento de parte aérea, largura e comprimento de raiz para cada plântula normal e dentro de cada tratamento. Para obtenção destes dados foram utilizadas, no programa, ferramentas de comprimento de linha (linha reta, linha segmentada e mão livre) para determinação de comprimento de parte aérea, largura e comprimento de raiz. Para estimação da área ocupada por plântula, o programa foi calibrado

para mensurar a área de cada plântula selecionada com seu limite ajustado – Threshold (Figura 7).

Figura 7 – Análise de imagens de plântulas normais de mandacaru sem espinho (*Cereus jamacaru*) em software ImageJ®, obtidas a partir de scanner.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Coloração das plântulas

Para obtenção de dados de coloração, as imagens foram importadas para o *software* ImageJ versão 1.46R onde foi utilizado o *plugin* RGB Measure para medir a intensidade dos canais RGB (vermelho - R, verde - G, azul - B, média das cores e porcentagem) em cada plântula selecionada. O *plugin* fornece, após analisar os pixels nas imagens, os valores médios de cada um dos três canais sendo as suas variações calculadas (em porcentagem), com base na equação (BOLONINI *et al.*, 2016) a seguir. Além da média dos três canais e seus percentuais. E, em seguida, aplicado o comando “Analyze – Histogram”, para obter gráficos dos canais RGB da plântula analisada.

$$\Delta i = \left(\frac{i_o - i_f}{i_o} \right) \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Onde:

Δi = variação da intensidade;

i_o = intensidade inicial;

i_f = intensidade final

Delineamento e análise estatística

O experimento foi montado em parcela subdividida, no espaço, com tratamentos formados pelo arranjo das concentrações salinas e temperatura, com efeito analisado separadamente nas duas espécies de cactáceas. As variáveis analisadas foram submetidas a análise de variância e os que apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, tiveram comportamento representado por meio de modelo de regressões, obtidos pelo *software* TableCurve versão 5.01. As informações da variabilidade da coloração das plântulas foram analisadas por meio do teste de correlação Pearson, com as demais variáveis de germinação e vigor obtidas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar no quadro da ANOVA (Tabela 1) que, a germinação de sementes de coroa-de-frade foi influenciada pelos estresses térmico e salino de forma isolada, tendo a salinidade diferença significativa à nível de 5% e a temperatura diferindo significativamente à nível de 1%. Tratando-se de índice de velocidade de germinação (IVG), a Tabela 1 mostra que, temperatura(T) e salinidade(S) tiveram diferença significativa à 1% de probabilidade.

Para os parâmetros área, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz, a temperatura (T) diferiu significativamente à 5% e salinidade (S) diferiu à 1%.

Nenhum aspecto avaliado referente às sementes de coroa-de-frade foi influenciado pela interação entre os estresses térmico e salino, apesar do grau e concentração, respectivamente. Apesar dos estresses, separadamente, terem influenciado todos os aspectos avaliados.

Tabela 1. Análise de variância com o quadrado médio do efeito da temperatura e concentração salina nas variáveis de germinação e vigor das sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho.

FV	Coroa-de-Frade					
	GL	%G	IVG	Área	Cpa	Cr
Temperatura (T)	1	17,22**	0,429**	0,217*	0,071*	0,161*
Erro a	6	1,238	0,010	0,034	0,012	0,013
Salinidade (S)	4	4,350*	0,379**	1,616**	0,249**	0,851**
S × T	4	1,713ns	0,056ns	0,064ns	0,026ns	0,021ns
Erro b	24	1,211	0,024	0,065	0,028	0,051
C.V.1	--	20,01	8,57	9,41	6,71	7,51
C.V2	--	19,82	13,11	12,87	10,26	14,79
FV	Mandacaru sem espinho					
	GL	%G	IVG	Área	Cpa	Cr
Temperatura (T)	1	234,2**	5,431**	2,309**	4,221**	0,246*
Erro a	6	0,727	0,011	0,099	0,015	0,019
Salinidade (S)	4	56,56**	1,552**	12,40**	3,711**	2,986**
S × T	4	14,71**	0,245**	4,122**	2,168**	0,926**
Erro b	24	0,550	0,014	0,051	0,006	0,055
C.V.1	--	13,97	7,79	10,55	5,35	8,68
C.V2	--	12,20	8,94	7,52	3,51	14,60

FV=Fonte de variação; GL=Grau de liberdade; CV=Coeficiente de variação; IVG=Índice de velocidade de germinação; Cpa=Comprimento da parte aérea; Cr=Comprimento radicular; *=diferem significativamente a 5%; **=diferem significativamente a 1%; ns= não diferem significativamente.

Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Tratando-se de Mandacaru sem espinho, os tratamentos temperatura (T) e da salinidade (S) mostraram diferença significativa à 1% sobre a germinação, índice de velocidade de

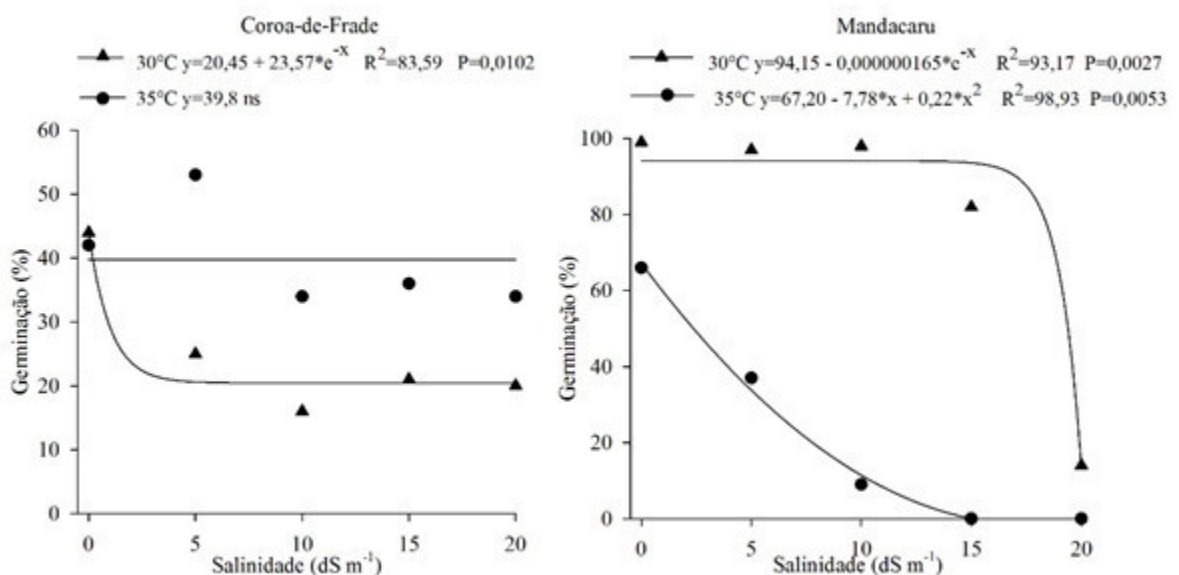
germinação, área e comprimento de parte aérea. Diante do parâmetro comprimento de raiz, temperatura apresentou diferença significativa a 5%, enquanto salinidade apresentou diferença significativa a 1%.

O quadro da ANOVA (Tabela 1), mostra que, a interação entre os estresses abióticos térmico e salinos aos quais as sementes foram submetidas foi significativo para todos os parâmetros analisados (germinação, índice de velocidade de germinação, área, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz).

5.1 Germinação

Na Figura 8, pode-se observar que não houve diferença na germinação de sementes de coroa-de-frade quanto à salinidade e que obteve-se germinação maior na temperatura de 35°C, independente do soluto; ou seja, os fatores salinidade e temperatura não foram correlacionados, fatores que são reafirmados pelo quadro da ANOVA (Tabela 1). Na temperatura de 30°C, com a introdução da solução salina houve diminuição da germinação, mantendo-se constante, ou seja, não havendo diferença estatística entre os tratamentos, a partir de 5dSm⁻¹, o que reafirma Dantas *et al.* (2014) sobre a maioria das sementes da Caatinga apresentarem tolerância a estresses abióticos. Isso nos mostra uma oportunidade do produtor de coroa-de-frade de utilizar uma água de irrigação de baixa qualidade na germinação.

Figura 8 – Germinação de sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho sob estresse salino e térmico.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Para as sementes de Mandacaru sem espinho, na temperatura de 35°C houve diminuição da porcentagem de germinação à medida em que a concentração salina foi aumentando, não suportando concentração a partir de 15dSm⁻¹. O alto teor de sais, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação devido a diminuição do potencial osmótico, ocasionando prejuízos as demais fases do processo (LIMA *et al.*, 2006). Diante dos resultados obtidos, observa-se que sementes de mandacaru não toleram altas temperaturas associadas à alto estresse salino, estando dentro da classe de espécies classificadas no bioma Caatinga como sensíveis a algumas condições ambientais extremas citado por Dantas *et al.* (2014).

Enquanto, segundo a Figura 8, não houve diferença significativa na taxa de germinação à 30°C até a salinidade de 15dSm⁻¹, tendo uma queda significativa da germinação na salinidade de 20dSm⁻¹, mostrando que, à 30°C, as sementes de mandacaru toleram salinidade em sua germinação até valores aceitáveis, reafirmando Dantas *et al.* (2014) sobre as sementes da Caatinga serem altamente tolerantes à salinidade porém com germinação limitada em CE acima de 12dSm⁻¹.

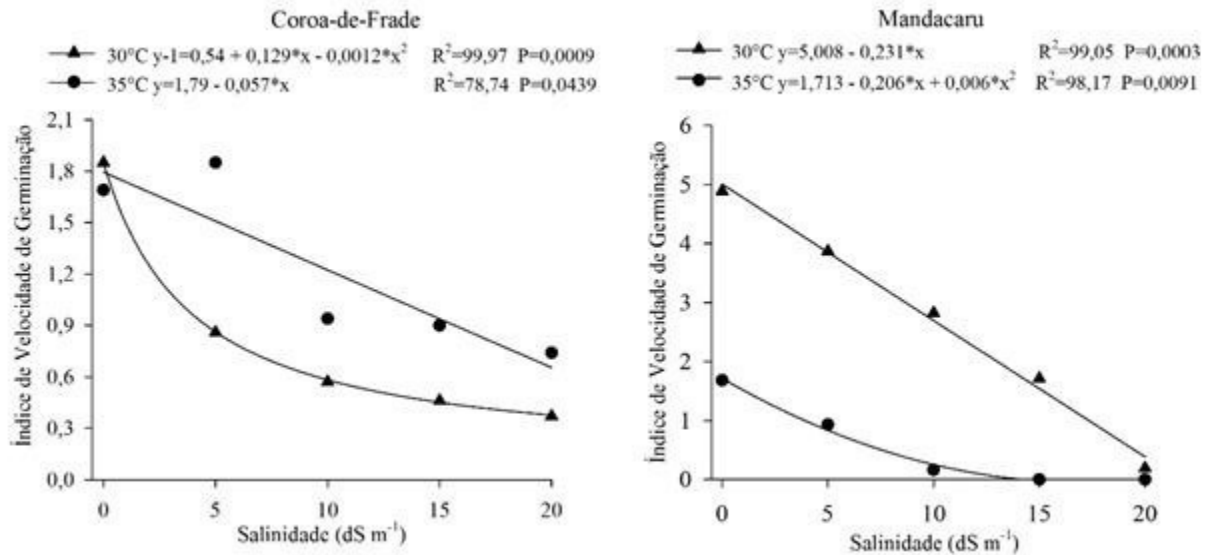
Em diversos trabalhos foi verificado que a temperatura ótima para germinação de semente de cactos, é normalmente, em torno de 25°C (ROJAS-ARÉCHIGA e VÁZQUEZ-YANES, 2000). No entanto, Arias e Lemus (1984) verificaram que sementes da Cactaceae *Melocactus caesius* Went. apresentaram uma maior amplitude e germinaram entre 22°C e 43°C, indo ao encontro do presente trabalho ao verificar que nas temperaturas elevadas de 30°C e 35°C as sementes de coroa-de-frade ainda apresentam boa germinação mesmo sob estresse salino e as sementes de mandacaru sem espinho apresentam ótima germinação (acima de 90%) à temperatura de 30°C porém, tendo sua germinação afetada quando submetidas à água com teor salino muito elevado (acima de 15dS m⁻¹).

5.2 Índice de velocidade de germinação

Os resultados dos cálculos de índice de velocidade de germinação (Figura 9) mostram que as sementes de coroa-de-frade e de mandacaru apresentaram menor velocidade na germinação conforme houve aumento da concentração salina em ambas temperaturas, chegando à velocidade zero de germinação do mandacaru a 35°C por não germinar a partir de 15dSm⁻¹. Nas sementes de coroa de frade, os maiores valores foram observados na temperatura de 35°C, Baskin e Baskin (2001) explicam que o aumento da temperatura resulta em maiores taxas de respiração na maioria das sementes, diminuindo assim o tempo de dormência e a quiescência, resultando numa aceleração do processo germinativo. Enquanto, as sementes de

mandacaru obtiveram melhores resultados na temperatura de 30°C, mostrando seu comportamento susceptível à associação de estresses abióticos.

Figura 9 – Índice de velocidade de germinação de sementes de coroa de frade e mandacaru sem espinho sob estresse salino e térmico

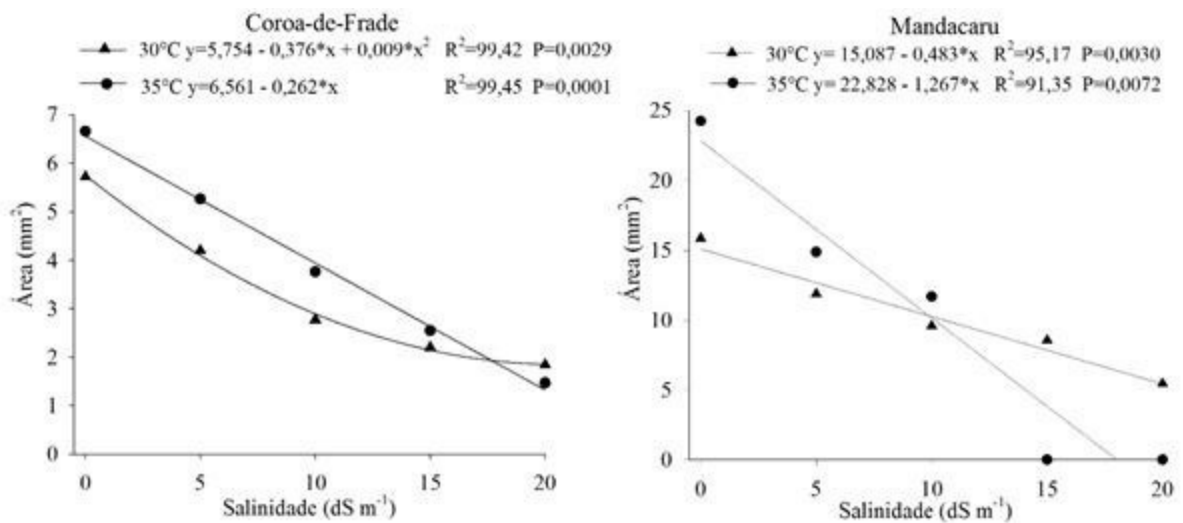


Fonte: Úrsula Prado, 2019.

5.3 Área de plântula

O presente estudo mostrou diferenças significativas na área desenvolvida pelas plântulas em relação às diferentes concentrações salinas avaliadas. Conforme houve aumento da salinidade, a área (mm²) foi decrescente, em ambas temperaturas e espécies (Figura 10).

Figura 10 – Área das plântulas de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho formadas nas condições de estresse térmico e salino.



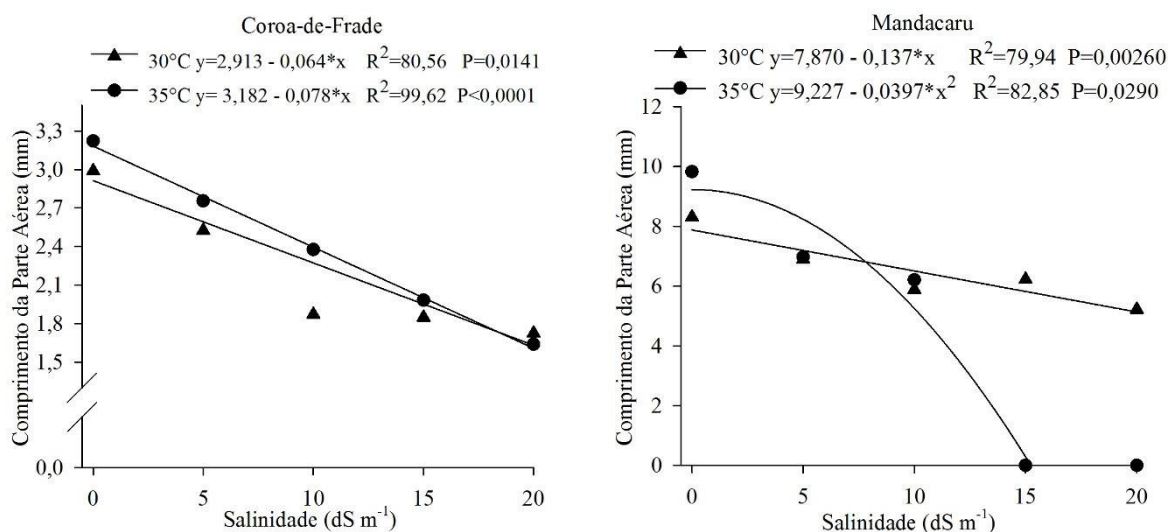
Fonte: Úrsula Prado, 2019.

As plântulas de mandacaru sem espinho demonstraram melhor desenvolvimento quando submetidas à maiores temperaturas, uma vez que, a 30°C obtiveram média de 15,8mm² de área e a 35°C obtiveram média de 24,2mm² de área (sem a presença do estresse salino). As sementes de diferentes espécies apresentam comportamento variável para a temperatura, o que pode fornecer informações de interesse biológico e ecológico (LABOURIAU, 1983), partindo desse princípio pode-se sugerir que altas temperaturas favorecem o desenvolvimento fisiológico das plântulas de coroa de frade e mandacaru sem espinho.

5.4 Comprimento da parte aérea

De acordo com a Figura 11 e tendo como base o quadro da ANOVA (Tabela 1), plântulas de coroa-de-frade apresentaram declínio linear do comprimento de parte aérea à medida que houve aumento da concentração salina, tendo diferença significativa entre tratamentos. Tratando-se do tratamento temperatura, as plântulas de coroa-de-frade apresentaram melhores resultados de comprimento de parte aérea na temperatura de 35°C. No tratamento de 0dSm⁻¹, as plântulas à temperatura de 30°C obtiveram comprimento médio de 3mm enquanto a 35°C obteve-se média de 3,2mm de comprimento, mostrando que a coroa-de-frade se desenvolve melhor em maiores temperaturas. Mas, apesar disso, à medida que houve aumento da concentração salina ambas temperaturas apresentaram declínio do desenvolvimento da parte aérea em relação ao controle (0dSm⁻¹), apresentam o mesmo comprimento no maior nível de salinidade.

Figura 11. Comprimento da parte aérea das plântulas de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho desenvolvidos em condições de estresse térmico e salino.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

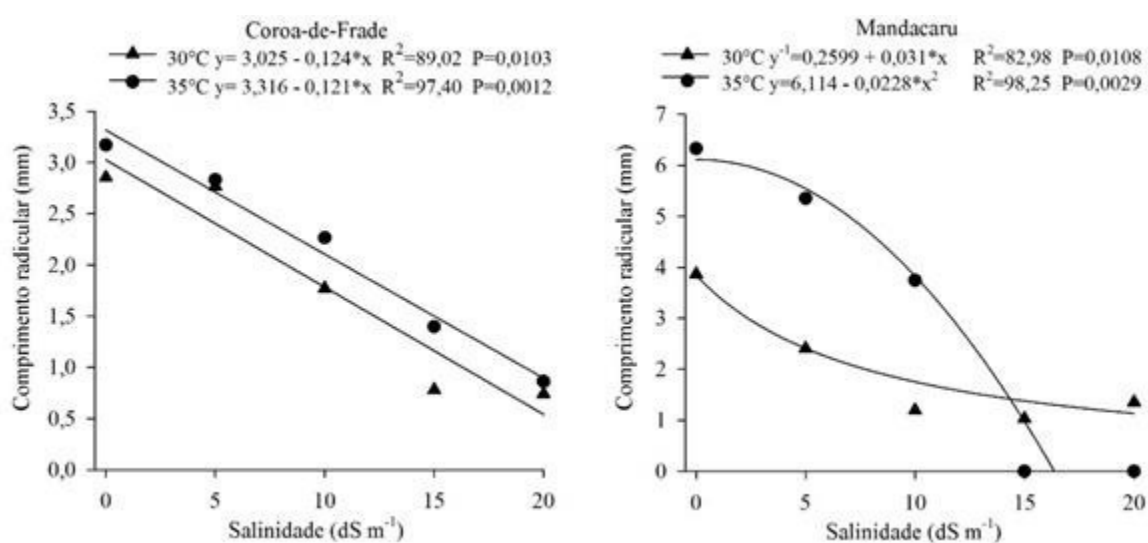
As plântulas de mandacaru sem espinho mostraram melhor desenvolvimento das plântulas na temperatura de 35°C, entretanto, apresentou declínio acentuado do seu desenvolvimento quando exposto à solução salina, tendo diminuído cada vez mais o comprimento de parte aérea à medida que foi aumentando a concentração de NaCl no qual era submetido. Como citado anteriormente, em concentrações acima de 15dSm⁻¹ não foi obtida germinação das sementes de mandacaru sem espinho. Na temperatura de 30°C houve um declínio linear dos resultados de comprimento de parte aérea, mas não tão acentuado como observado para a temperatura de 35°C.

Diante do exposto, verifica-se que a concentração salina inibe o crescimento das plântulas, podendo ser explicado pela necessidade da plântula de desviar energia do crescimento para a manutenção dos órgãos e células (RICHARDSON; McCREE, 1985).

5.5 Comprimento do sistema radicular principal

Na Figura 12, pode-se observar os resultados de comprimento do sistema radicular das plântulas ao final do experimento. Nas plântulas de coroa-de-frade, assim como em todos os parâmetros analisados anteriormente, houve melhor desenvolvimento quando submetidas à temperatura de 35°C do que quando submetidas a 30°C. Em ambas temperaturas houve declínio linear comprimento de parte aérea à medida que houve acréscimo da concentração de NaCl nas soluções.

Figura 12. Comprimento do sistema radicular de coroa-de-frade e mandacaru sem espinho desenvolvidos nas condições de estresse térmico e salino.

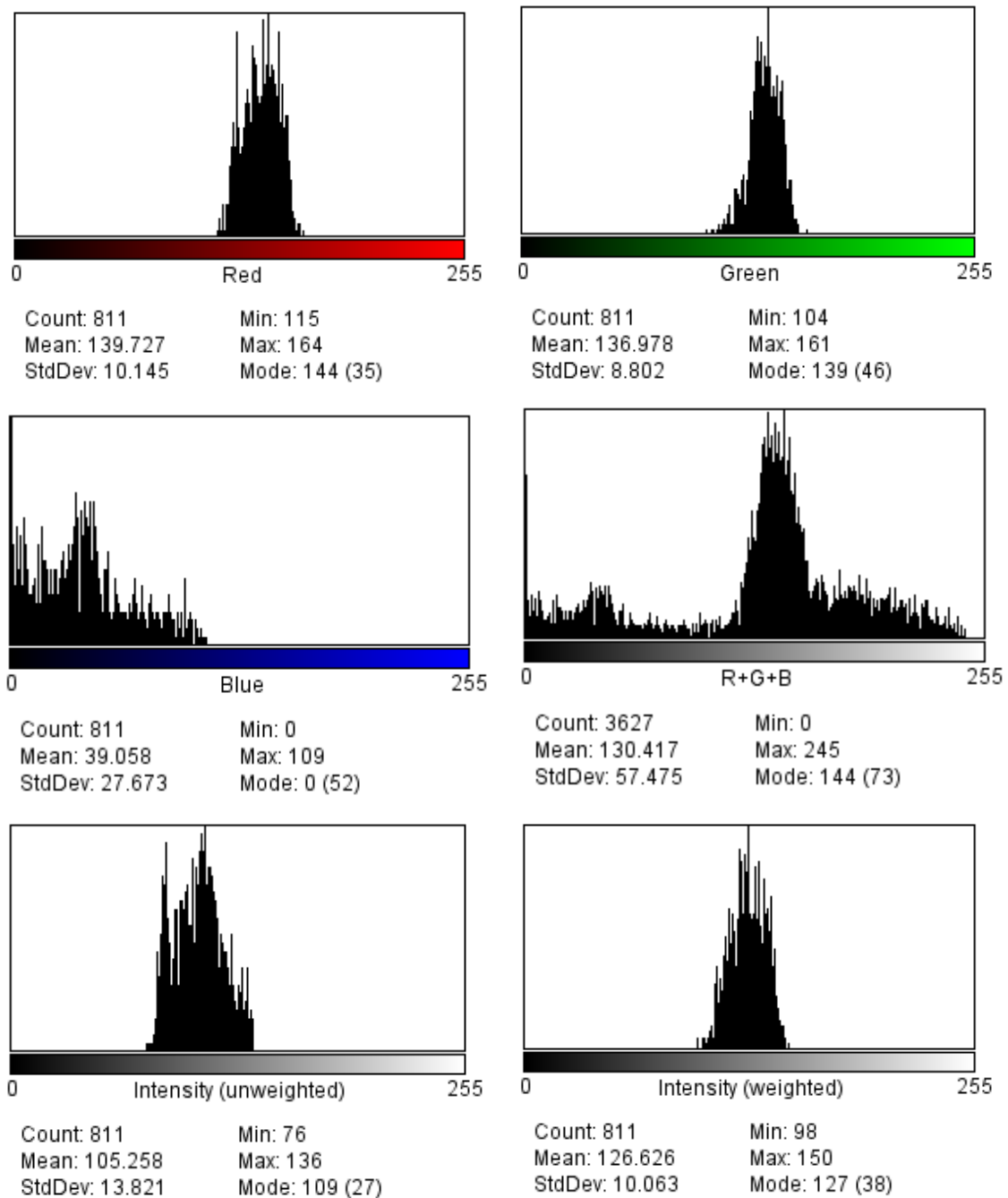


Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Na Figura 13, é possível visualizar e analisar o histograma de escala de tonalidades das cores vermelho, verde e azul (RGB) e a intensidade de cores presentes em cada plântula formada. Sendo, estes dados, adquiridos através do *software* ImageJ e feito para todas as plântulas normais do experimento.

Figura 13 – Histograma de escalas de cores (RGB) presentes em plântula de mandacaru sem espinho (*Cereus jamacaru*) aos 21 dias de semeadura, em tratamento com zero salinidade.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

De acordo com a correlação dos parâmetros avaliados neste experimento para a espécie mandacaru sem espinho, Tabela 3, foi possível determinar que houve uma correlação da porcentagem de germinação alta e inversa com as cores vermelho (R) e verde (G) das plântulas, ou seja, quanto maior for a germinação menores os valores de vermelho e verde dessas plântulas (tendendo a zero) e quando mais submetidas à fatores estressantes gerando baixa germinação, as plântulas apresentam valores maiores de vermelho e verde (tendendo a 256). Sendo assim, é possível inferir que a coloração das plântulas é determinada pelo grau de estresse (térmico e/ou salino) em que as plântulas são submetidas desde a germinação.

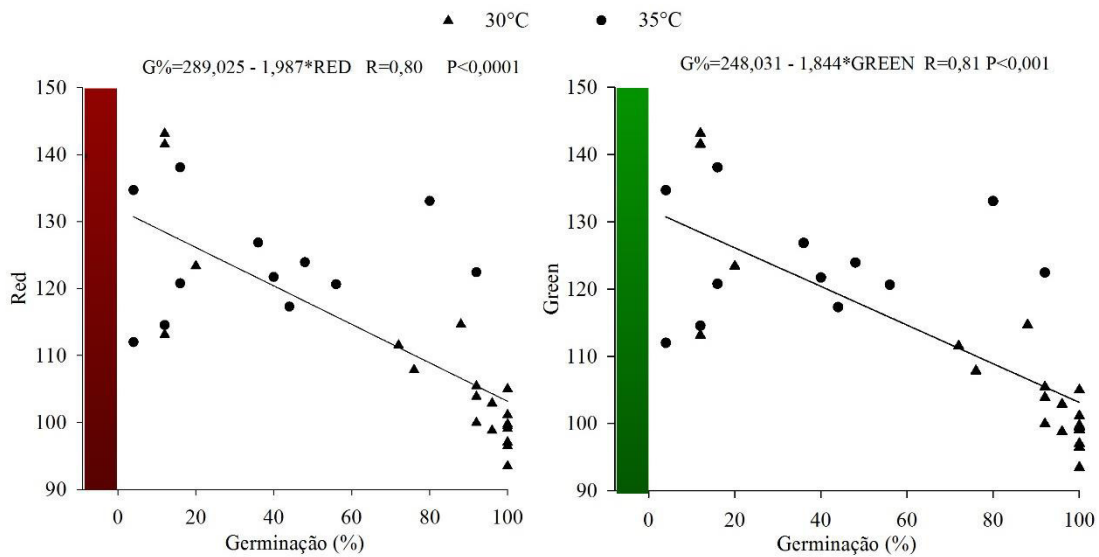
Tabela 3 – Correlação mandacaru sem espinho.

	IVG	Área	Cr	Cpa	R	G	B	RGBM	RGB
G%	0,96**	0,16ns	-0,13ns	0,24ns	-0,80**	-0,81**	-0,61**	-0,80**	-0,83**
IVG		0,28ns	-0,001ns	0,38*	-0,77**	-0,77**	-0,59**	-0,76**	-0,79**
Área			-0,90**	0,91**	0,09ns	0,04ns	0,32ns	0,17ns	0,09ns
Cr				0,79**	0,30ns	0,27ns	0,46**	0,38*	0,31ns
Cpa					-0,01ns	-0,05ns	0,14ns	0,05ns	-0,01ns
R						0,96**	0,79**	0,98**	0,99**
G							0,68**	0,94**	0,98**
B								0,85**	0,78**
RGBM									0,98**

Fonte: Úrsula Prado, 2019.

Na Figura 14, verifica-se uma correlação dos valores e tons de vermelho (R) e verde (G) nas plântulas de acordo com a taxa de germinação, ou seja, de acordo com o nível de estresse ao qual a plântula foi submetida. Em situações de germinação ótima, em mínimo nível de estresse, as plântulas apresentavam tons mais escuros de vermelho e verde. Enquanto, em baixos níveis de germinação, em decorrência de altos níveis de estresse, as plântulas apresentavam tons mais claros de vermelho e verde.

Figura 14 – Correlação das cores verde e vermelho com a germinação em estresse térmico e salino.



Fonte: Úrsula Prado, 2019.

O trabalho foi pioneiro na adoção da metodologia de avaliação da intensidade de cores RGB com o auxílio do *software* ImageJ em plântulas em processo de crescimento sob diferentes tratamentos térmico e salino, por esse motivo poucos trabalhos puderam ser utilizados na discussão dos resultados do presente estudo. Vale salientar que, a metodologia utilizada na análise da coloração de plântulas (teor indireto de clorofila) foi eficiente. A partir disso, espera-se que sejam feitos novos estudos com análise de imagens de plântulas utilizando *softwares* como ferramenta para obtenção de novos dados sobre o efeito de estresses abióticos na coloração de plântulas.

6. CONCLUSÃO

Na coroa-de-frade, não houve interação entre os fatores abióticos. A espécie se mostrou mais tolerante a fatores abióticos, apresentando maior índice de germinação na temperatura de 35°C e baixos danos no crescimento das plântulas quando submetidos à salinidade. No mandacaru sem espinhos, a associação dos estresses abióticos térmico e salino influenciou no processo germinativo e crescimento inicial das plântulas de forma negativa, tendo obtido melhores resultados apenas nas temperaturas de 30°C e CE de até 15dS.m⁻¹. As plântulas apresentaram tons mais claros de vermelho e verde à medida que houve aumento dos estresses abióticos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. **O Semiárido e o manejo dos recursos naturais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 71-94, 2010.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. **Revista Agro @ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016.
- ANDRADE, M. J. N. **Inventário dos sistemas de produção de cactáceas do Estado do Ceará**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal da Paraíba/Centro de Tecnologia/Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, 2007.
- ARIAS, I.; LEMUS, L. Interaction of light, temperature and plant hormones in the germination of seeds of *Melocactus caesioides* (Cactaceae). **Acta Científica Venezolana**, n. 35, p. 151-155, 1984.
- BARBOSA, J. Z. *et al.* Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 15-24, 2015.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and Evolution of dormancy and germination**. New York: Academic Press, 2001. 666p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Universidade Federal de Pernambuco/Fundação de Apoio ao Desenvolvimento/Conservation International do Brasil, Fundação Biodiversitas. Brasília: Embrapa Semi-árido, 2002. 36 p. (Embrapa Semiárido, MMA/SBF)
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. 2009.
- BRAVO FILHO, E. S.; SANTANA, M. C., SANTOS, P. A. A.; RIBEIRO, A. S. Levantamento etnobotânico da família Cactaceae no estado de Sergipe. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, 2018.
- BECKMANN, M. Z. *et al.* Potencial ornamental de espécies do Bioma Caatinga. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 43-58, 2017.
- BETONI, R. **Salinidade e Temperatura na Resposta Fisiológica de Sementes e Anatomia Radicular de Plântulas de Guazuma Ulmifolia Lam. (Sterculiaceae) e Caesalpinia Ferrea Mart. (Fabaceae)**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados.

BOLONINI, T. M. *et al.* Análise de cor em imagens digitais e análise de brilho para rochas ornamentais submetidas ao ataque químico. **SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE IX, João Pessoa, 2016a. Anais... João Pessoa: CETEM, 2016.**

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. **The cactaceae.** Descriptions and Illustrations of Plants of the Cactus Family VI. 1963, 241 p.

CAVALCANTE, A. M. B.; VASCONCELOS, G. C. L. Comércio legal de cactos ornamentais: oportunidade para uso sustentável no semiárido do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n. 1, p. 9-20, 2016.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados.** Areia, PB: Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Paraíba, 2000. 71 p.

CAVALCANTI, N. de B.; DE RESENDE, G. M. Mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum). **Embrapa Semiárido-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006a.

CAVALCANTI, N. de B.; DE RESENDE, G. M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento do mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum). **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006b.

CORREIA, D. *et al.* Produção de mudas de mandacaru. Embrapa Agroindústria Tropical - **Circular Técnica 39 (INFOTECA-E)**, Fortaleza-CE, 2012, 6p.

CORREIA, D. *et al.* Propagação de mandacaru sem espinhos. Embrapa Agroindústria Tropical - **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 55 (INFOTECA-E)**, Fortaleza-CE, 2011, 18p.

CRUZ, B.M. **Estudos de longevidade e germinação em sementes de espécimes do gênero Melocactus (Cactacea) de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, Bahia.** Feira de Santana, 90f. 2011. Dissertação de Mestrado [Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais], Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Feira de Santana.

CUTLER, D. F.; BOTHA. T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia vegetal** - uma abordagem aplicada. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DANTAS, B. F. *et al.* As sementes da Caatinga são...: um levantamento das características das sementes da Caatinga. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

DIETRICH, P.; SANDERS, D. & HEDRICH, R. 2001. The role of ion channels in light-dependent stomatal opening. **J. Exp. Bot.**, 52: 1959- 1967.

DUTRA, A.T.B. *et al.* Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 4, 2011.

ELICEIRI, K.W.; BERTHOLD, M.R.; GOLDBERG, I.G.; MANJUNATH, B.S.; MARTONE, M.E.; MURPHY, R.F.; PENG, H.; PLANT, A.L.; ROYSAM, B.; STUURMAN, N.; SWEDLOW, J.R.; TOMANCAK, P.; CARPENTER, A.E. 2012. Biological imaging software tools. **Nature Methods**, vol 9, n.7, p.697-710.

FISCHER, S.Z., STUMPF, E.R.T., HEIDEN, G., BARBIERI, R.L., WASUM, R.A. 2007. Plantas da flora brasileira no mercado internacional de floricultura. **Revista Brasileira de Biociências**: 510- 512.

FRENCH, A.; UBEDA-TOMÁS, S.; HOLMAN, T.J.; BENNETT, M.J.; PRIDMORE, T. 2009. High-throughput quantification of root growth using a novel image-analysis tool. **Plant Physiology**, vol. 150, n. 4, p. 1784-1795.

GOMES, G. R. Família Cactaceae: Breve Revisão Sobre Sua Descrição E Importância. **Revista Técnico-Científica**, v. 1, n. 2, 2014.

HEIDEN, G., STUMPF, E.R.T., BARBIERI, R.L., GROLLI, P.R. 2007. Uso de plantas arbóreas e arbustivas nativas do Rio Grande do Sul como alternativa a ornamentais exóticas. **Revista Brasileira de Agroecologia**: 854-857.

HORIE, T.; SCHROEDER, J. I. Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions. **Plant Physiology**, v.136, p.2457-2462, 2004.

LABOURIAU, L.G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA, 1983. 174 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, editora RIMA. São Paulo. 2000. 529p.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas - usos e potencialidades**. Petrolina - PE: Embrapa-CPATSA/PNE/RBG-KEW. 1996. 44p. il.

LIMA, M. D. B.; BULL, L.T.; GRASSI FILHO, H. Índices fisiológicos e absorção de nutrientes pela cultura da cebola submetida a condições de salinidade e estresse hídrico. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 356-366, 2006.

- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Editora, 2004. 413 p.
- MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo ABRATES**, v. 22, n. 5, p. 20-23, 2012.
- MELO T. B. As bromélias no paisagismo. **Bromélia**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 3-7, 1996.
- MENEZES, M. O. T.; TAYLOR, N. P.; LOIOLA, M. I. B. Flora do Ceará, Brasil: Cactaceae. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 64, p. 757-774, 2013.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>> Acesso em: 05 jun. 2019.
- MORO, M. F. *et al.* Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, p. 1-58, 2016.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.
- NASCIMENTO, E. H. S. do. **Crescimento inicial de mudas de *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* em diferentes substratos**. 2011. 59f. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Curso de Agronomia, Fortaleza, CE, 2011.
- NOBEL, P. S. **Cacti: biology and uses**. Berkeley, CA: University of California Press; 2002, 290 p.
- OLIVEIRA, A. B.; DINIZ, J. D. N.; ALMEIDA, J. L. Multiplicação e enraizamento *in vitro* do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.). **Plant Cell Culture and Micropropagation**, Lavras, v. 4, p.48-54, 2008.
- PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 191p. 2004.
- OLIVEIRA, A. C. S. *et al.* Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **InterSciencePlace**, v. 1, n. 4, 2015.
- REICHARDT, K. A água na produção agrícola. **McGraw Hill do Brasil**, São Paulo, 1978, 119p.

- REICHARDT, K. Água: absorção e translocação. In: Ferri, M.G. (Ed.) **Fisiologia Vegetal**. E.P.U., São Paulo, v.1, p.3- 74. 1985.
- RIBEIRO, S. S. **Métodos computacionais aplicados a agricultura**: Phyton & Weka. Rio de Janeiro: NovaTerra, 2016. 122p.
- RICHARDS, L.A. **Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos y sádicos**. México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1954, 172p. (Manual de agricultura, 60).
- RICHARDSON, N.S.G.; MCCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, n.4, p.1015-20, 1985.
- RICKER, M.D. 2004. Pixels, Bits and GUIs: the fundamentals of digital imagery and their application by plant pathologists. **Plant Disease**, vol. 88, n. 3.
- ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, v. 44, p. 85-104, 2000.
- SANTI, A. L.; AMADO, T, J. C.; SCHENATO, G. L.; PES, L. Z.; DELLAMEA, R. B. C.; PIZUTTI, L. Infiltração de água no solo, em áreas com diferentes potenciais de produtividade e manejadas com técnicas de agricultura de precisão. 2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. **ConBAP**. São Pedro, SP – ESALQ/USP. 2006.
- SOUZA, A.V.V. *et al.* Produção in vitro de mudas de coroa-de-frade (*Melocactus oreas* Miq.– Cactaceae): uma espécie nativa da Caatinga de Potencial Ornamental. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1, 2012.
- STUMPF, E.R.T., Romano, C.M., Barbieri, R.L., Heiden, G., Fischer, S.Z., Corrêa, L.B. 2009. Características ornamentais de plantas do Bioma Pampa. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* 15: 49-62.
- TAYLOR, N.; SANTOS, M.R.; LAROCCA, J.; ZAPPI, D. Cactaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2015. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1558>>. Acesso em: 06 jun. 2019.
- TAYLOR, N.P.; ZAPPI, D. Cacti of Eastern Brazil. **Royal Botanic Gardens**, Kew, 2004, 499p.
- TURNER, N. C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Austr. J. Plant Physiol.*, 43: 175- 190.

UFRB. **Adaptação ao déficit hídrico e mecanismos**. 2015. Grupo de Pesquisa em Manejo de Plantas e Ecossistemas Tropicais - MAPENEO. Disponível em: <<http://www2.ufrb.edu.br/mapeneo/downloads/category/10-relacoes-hidricas#>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

VAN DER LAAN, P. 1934. Influence of ethylene on growth-substance formation in avena and vicia. *Recueil des Travaux Botaniques Neerlandais*, vol 31, p. 691-742.

WANG, W.; VINO CUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperature: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, p. 1-14, 2003.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p.199-223. 2007.

ZAPPI, D.; *et al.* **Plano de ação nacional para a conservação das Cactáceas** – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio, 2011. 112 p.: il. color.; 21 cm. (Série Espécies Ameaçadas, 24)