



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ADRIANA CRUZ DE OLIVEIRA

TOLERÂNCIA À SALINIDADE E RESPOSTAS ESPECTRAIS FOLIARES
EM MUDAS DE QUATRO ESPÉCIES ORNAMENTAIS HERBÁCEAS
TROPICAIS

FORTALEZA

2022

ADRIANA CRUZ DE OLIVEIRA

TOLERÂNCIA À SALINIDADE E RESPOSTAS ESPECTRAIS FOLIARES EM MUDAS
DE QUATRO ESPÉCIES ORNAMENTAIS HERBÁCEAS TROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

Oliveira, Adriana Cruz de.

Tolerância à salinidade e respostas espectrais foliares em mudas de quatro espécies ornamentais herbáceas tropicais / Adriana Cruz de Oliveira. – 2022. 94 f.: il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. Águas salobras. 2. Plantas ornamentais. 3. Tolerância à salinidade. 4. Respostas espectrais foliares. I. Título.

CDD 630

ADRIANA CRUZ DE OLIVEIRA

TOLERÂNCIA À SALINIDADE E RESPOSTAS ESPECTRAIS FOLIARES EM MUDAS
DE QUATRO ESPÉCIES ORNAMENTAIS HERBÁCEAS TROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 14/06/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. PhD. Adunias dos Santos Teixeira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

PhD. Jorge Freire da Silva Ferreira
USDA - ARS - US Salinity Laboratory

Dr. Eduardo Santos Cavalcante
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho- CE (SEDET/UFC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, minha força, minha inspiração, meu sustento, meu refúgio. Princípio e fim dos meus sonhos. Pela saúde e demais condições que me foram dadas para que eu pudesse enfrentar os desafios e chegar até aqui, principalmente nesse contexto tão difícil de pandemia. Obrigada por tudo.

A minha mãe, Francisca Maria, minha maior auxiliadora, pelo amor e apoio incondicional que me permitiram chegar mais longe na conquista dos meus objetivos. Aquela que me ensinou que a educação é o melhor caminho e sacrificou muitas vezes seus próprios sonhos para que eu me mantivesse nesse caminho. Faltam palavras para expressar minha gratidão e seu valor para mim.

Ao meu irmão, Marcos, pela companhia e muitas vezes a força física necessária nos momentos críticos durante o período experimental, sempre de forma generosa e paciente, sem esperar recompensa.

A minha irmã e cunhado, Luana e Petrus, pela amizade e auxílio, que a seu modo sempre contribuíram para que a jornada fosse mais leve.

Ao Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, que eu tive o privilégio de ter como orientador desde o início da graduação em Agronomia. Agradeço por ter acreditado em mim desde a seleção para bolsista de Iniciação Científica em 2014 e por ser um orientador sempre disposto a me conduzir ao caminho certo ao mesmo tempo que me dá autonomia. Pelo respeito e educação marcantes no trato com as pessoas. Por ter se alegrado com as minhas conquistas acadêmicas. Minha admiração pelo profissional que és cresceu continuamente ao longo desses sete anos. Obrigada por tudo.

Ao pesquisador Jorge Ferreira (USDA) pelas contribuições para a melhoria deste trabalho bem como pelo incentivo para que eu continue seguindo em frente apesar das circunstâncias. Ao senhor, meu carinho, admiração e gratidão.

Ao prof. Dr. Adunias Teixeira, coordenador do grupo de pesquisa GAMA-DT, pelo vasto conhecimento compartilhado e por ter gentilmente cedido a infraestrutura que me permitiu avaliar as respostas espectrais foliares do meu experimento. Tê-lo como professor foi um privilégio.

Aos professores Rosilene Mesquita e William Natale, do Departamento de Fitotecnia-UFC, sempre solícitos, cuja colaboração me permitiu realizar importantes avaliações durante o período experimental. Sou grata também aos seus alunos, Rafael Santiago e Johny de Souza, por estarem sempre dispostos a me ajudar nos momentos em que precisei.

Ao prof. Dr. Ismail Soares, sempre solícito e gentil, por ter colaborado emprestando durante o período experimental o equipamento necessário para o monitoramento da mistura de sais da água de irrigação.

Ao Marcio Régys, doutorando integrante do grupo GAMA-DT, pela amizade e valiosa contribuição na parte da espectrorradiometria deste trabalho.

Ao Sidney Nascimento, meu amado esposo, pela inestimável contribuição ao longo do curso de mestrado, sendo meu ombro amigo, conselheiro, me dando forças e muitas vezes sacrificando seus finais de semana e feriados para me ajudar no período experimental. Minhas palavras são pouco para expressar meu amor e gratidão.

Aos meus companheiros do laboratório de Relação Solo-Água-Planta, em especial ao Eduardo Cavalcante, Luciana Pinho, Juvenaldo Canjá, Jonnathan Richeds, Beatriz Abreu, Júnior Barroso, Wembley Albert, Bruno Bezerra e Naara Iohana, pela amizade, cooperação e companheirismo. Foi um privilégio ter feito parte da equipe do LARSAP por sete anos, o que, sem dúvida alguma, contribui tanto para a minha formação profissional quanto pessoal, imensuravelmente.

À equipe de apoio da Estação Agrometeorológica, em especial ao Weverton, pela colaboração durante o período experimental.

À Ana Maria do Departamento de Engenharia Agrícola, pela amizade e por tornar mais alegres os dias no departamento.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado e apoio financeiro ao projeto desenvolvido.

RESUMO

No semiárido brasileiro, principalmente em épocas de escassez de água de boa qualidade, é comum a utilização de águas salobras na irrigação das culturas. Sabe-se que o uso de águas de qualidade inferior ou salobras afeta o desenvolvimento da maioria das culturas. Muitos estudos sobre a utilização de águas salobras na irrigação e sobre a tolerância das culturas aos sais se concentram em espécies de gramíneas e leguminosas de importância econômica, enquanto os estudos na mesma temática aplicados às espécies ornamentais ainda são escassos. Em espécies ornamentais, é importante avaliar a tolerância sob os aspectos quantitativos e qualitativos, focando principalmente em produtos destinados à comercialização. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a tolerância à salinidade e as respostas espectrais foliares de espécies ornamentais herbáceas tropicais, na fase inicial de desenvolvimento e de produção de mudas para a comercialização. O ensaio foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará -UFC, em ambiente protegido. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas por cinco níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (0,5; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS.m⁻¹), e as subparcelas por quatro espécies ornamentais herbáceas: *Catharanthus roseus*, *Celosia cristata*, *Celosia plumosa* e *Chrysanthemum coronarium*, com quatro repetições. Foram avaliadas variáveis de crescimento durante e ao final do experimento, respostas espectrais, análises químicas das folhas, análise sensorial visual e tolerância à salinidade. As respostas de crescimento e fisiológicas de todas as espécies foram afetadas negativamente pela salinidade. Os resultados indicaram que a espécie *Chrysanthemum coronarium* teve a menor capacidade de se desenvolver com irrigação salina acima de 2,0 dS.m⁻¹ com sobrevivência de apenas 25% das plantas na salinidade de 4,0 dS.m⁻¹. Por outro lado, a espécie *Celosia plumosa* apresentou bom potencial para desenvolvimento sob irrigação com água de até 4,0 dS.m⁻¹, apresentando as maiores taxas de sobrevivência nos maiores níveis de salinidade. A qualidade visual das plantas foi mantida até 2,0 dS.m⁻¹ para a espécie *C. coronarium* e 4,0 dS.m⁻¹ para as espécies *C. cristata* e *C. plumosa* e *C. roseus*, mesmo com reduções moderadas na produção de biomassa. As espécies *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus* foram espectralmente diferenciáveis. As respostas espectrais dos tratamentos salinos, porém, não apresentaram diferenças notórias, exceto para o nível de 8,0 dS.m⁻¹.

Palavras – chaves: águas salobras; plantas ornamentais; tolerância à salinidade; respostas espectrais foliares

ABSTRACT

In the Brazilian semiarid region, especially in times of water scarcity, it is common the use brackish water to irrigate crops. It is known that the use of low-quality or brackish water affects the development of most crops. Many studies on the effects of brackish water irrigation on crop salt-tolerance focus on grasses and legumes of economic importance, while studies on the same subject applied to ornamental species are still scarce. In ornamental species, it is important to assess tolerance under both quantitative and qualitative aspects, focusing mainly on products intended for commercialization. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the salinity tolerance and foliar spectral responses of tropical herbaceous ornamental species, in the initial growth stage and production of seedlings for commercialization. The experiment was carried out in the experimental area of the Agrometeorological Station of the Federal University of Ceará -UFC, in a protected environment. The experimental design used was randomized blocks, in a split-plot scheme, with the plots composed of five irrigation-water salinity levels - EC_w (0.5; 2.0; 4.0; 6.0 and 8.0 dS.m⁻¹), and the subplots by four ornamental herbaceous species: *Catharanthus roseus*, *Celosia cristata*, *Celosia plumosa* and *Chrysanthemum coronarium*, each with four replications. The following measurements were performed: plant growth, spectral responses, chemical analysis of leaves, visual quality of plants, salt tolerance, and leaf spectral responses. The growth and physiological responses of all species were negatively affected by salinity. The results indicated that the species *Chrysanthemum coronarium* had the lowest ability to develop with salinity irrigation above 2.0 dS.m⁻¹ with survival of only 25% of the plants in salinity of 4.0 dS.m⁻¹. On the other hand, *Celosia plumosa* showed good potential for development under irrigation with water up to 4.0 dS.m⁻¹, showing the highest survival rates at the highest salinity levels. The visual quality of the plants was maintained up to 2.0 dS.m⁻¹ for the species *C. coronarium* and 4.0 dS.m⁻¹ for the species *C. cristata*, *C. plumosa* and *C. roseus*, even with moderate reductions in the production of biomass. The species *C. cristata*, *C. plumosa* and *C. roseus* were spectrally differentiable. The spectral responses of the saline treatments, however, did not show notable differences, except for the level of 8.0 dS.m⁻¹.

Keywords: brackish waters; ornamental plants; salinity tolerance; leaf spectral responses

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensões da casa de vegetação utilizada para a condução do experimento.....	26
Figura 2 – Croqui do experimento	27
Figura 3 – Visão geral do experimento	28
Figura 4 – Análise sensorial visual das espécies.....	34
Figura 5 – Geometria de aquisição dos dados espectrais sob contato direto entre a sonda e a folha	39
Figura 6 – Salinidade do substrato de cultivo de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, ao término do ensaio.....	42
Figura 7 – Altura (A) e diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.....	44
Figura 8 – Número de folhas de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.....	45
Figura 9 – Índice Spad de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.....	46
Figura 10 – Altura (A) e diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.....	48
Figura 11 – Número de folhas (A) e número de flores (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.....	49
Figura 12 – Índice Spad de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.....	50
Figura 13 – Taxas de crescimento absoluto em altura (A) e em diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.....	52

Figura 14 – Taxas de crescimento relativo em altura de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.....	53
Figura 15 – Biomassa seca total -BST (A), biomassa seca da parte aérea- BSPA (B), biomassa seca de flores -BSFlores (C) e biomassa seca de raízes -BSR (D) de plantas ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.....	55
Figura 16 – Reduções relativas de biomassa seca da parte aérea (BSPA), número de flores (Nflor) e aparência geral (AG) de <i>C. coronarium</i> (A), <i>C. cristata</i> (B), <i>C. plumosa</i> (C) e <i>C. roseus</i> (D), submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.....	58
Figura 17 – Preferência dos julgadores quando questionados sobre qual das amostras das espécies ornamentais <i>C. coronarium</i> (A), <i>C. cristata</i> (B), <i>C. plumosa</i> (C) e <i>C. roseus</i> (D), submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, comprariam.....	59
Figura 18 – Fotossíntese - <i>A</i> (A), transpiração - <i>E</i> (B), condutância estomática - <i>gs</i> (C) e concentração interna de CO ₂ - <i>Ci</i> (D) de plantas ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.....	62
Figura 19 – Fatores de reflectância medianos das amostras foliares das três espécies analisadas.....	66
Figura 20 – Fatores de reflectância medianos das amostras foliares dos cinco níveis de salinidade analisados, das espécies <i>C. cristata</i> , <i>C. plumosa</i> e <i>C. roseus</i>	68
Figura 21 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de <i>Celosia cristata</i> , sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.....	69
Figura 22 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de <i>Celosia plumosa</i> , sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.....	70
Figura 23 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de <i>Catharanthus roseus</i> , sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.....	71
Figura 24 – Teores de sódio (A) e potássio (B) foliares de <i>C. cristata</i> , <i>C. plumosa</i> e <i>C. roseus</i> , irrigadas com águas salinas.....	73
Figura 25 – Histograma e curva normal de probabilidades para Na e K.....	74

Figura 26 – Fatores de reflectância mínimos, máximos e medianos entre as todas as amostras foliares das três espécies analisadas.....	75
Figura 27 – Correlograma entre os fatores de reflectância nas amostras foliares das três espécies analisadas.....	76
Figura 28 – Linha identidade para as concentrações de Na (A) e K (B), em g.kg ⁻¹ de MS.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Nome científico, família botânica, nome popular e tempo para produção de mudas das plantas (da sementeira ao ponto de comercialização) de quatro espécies herbáceas ornamentais tropicais, propagadas por sementes.....	29
Tabela 2	– Atributos físico-químicos do substrato utilizado.....	30
Tabela 3	– Espécies, tratamentos e códigos das amostras para análise sensorial.....	35
Tabela 4	– Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção.....	36
Tabela 5	– Resumo da análise de variância referentes a condutividade elétrica final do substrato de espécies ornamentais sob estresse salino.....	41
Tabela 6	– Resumo da ANOVA pelo teste F e médias para altura, diâmetro, número de folhas, número de flores e SPAD de espécies ornamentais aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.....	43
Tabela 7	– Resumo da ANOVA pelo teste F e médias para altura, diâmetro, número de folhas, número de flores e SPAD de espécies ornamentais aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.....	47
Tabela 8	– Resumo das análises de variâncias referentes às taxas de crescimento absoluto em altura (TCAA), e em diâmetro (TCAD), e taxa de crescimento relativo em altura (TCRA) e em diâmetro (TCRD) de espécies ornamentais cultivadas sob salinidade da água de irrigação.....	51
Tabela 9	– Resumo das análises de variâncias referentes a biomassa seca total (BST), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de flores (BSFlor), biomassa seca de raízes (BSR) e razão biomassa seca da parte aérea/raiz de plantas ornamentais herbáceas sob estresse salino.....	54
Tabela 10	– Notas atribuídas para aparência geral de plantas de <i>C. Coronarium</i> , <i>C. cristata</i> , <i>C. plumosa</i> e <i>C. roseus</i> , submetidas à diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.....	57
Tabela 11	– Resumo das análises de variâncias e teste de Tukey para Espécies, referentes aos dados de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs),	60

concentração interna de CO ₂ (C _i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C _i), em plantas ornamentais sob estresse salino.....	
Tabela 12 – Redução da produção de BSPA, fotossíntese, SPAD (aos 43 DATS), altura, aparência geral e classificação quanto à tolerância a salinidade de <i>C. coronarium</i> , <i>C. cristata</i> , <i>C. plumosa</i> e <i>C. roseus</i> , em resposta aos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, conforme metodologia adaptada de Fageria (1985).....	64
Tabela 13 – Percentagem de plantas ornamentais herbáceas tropicais vivas ao final do experimento, em função do cultivo sob irrigação com águas salinas.....	66
Tabela 14 – Resumo da análise de variância e teste de Tukey para Espécies, referentes às concentrações de sódio e potássio foliares de <i>Celosia cristata</i> , <i>Celosia plumosa</i> e <i>Catharanthus roseus</i> sob estresse salino.....	72
Tabela 15 – Estatística descritiva dos dados químicos foliares de Na e K.....	74
Tabela 16 – Comprimentos de onda selecionados por ordem de relevância, por variável química.....	77
Tabela 17 – Modelos preditivos construídos na calibração e RMSE de validação.....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1	Agricultura irrigada no semiárido brasileiro	16
2.2	Salinidade em regiões semiáridas	17
2.3	Efeitos da salinidade sobre as plantas	18
2.4	Tolerância das culturas à salinidade	20
2.5	Sensoriamento remoto na identificação do estresse salino em plantas	21
2.6	Cultivo de plantas ornamentais no Brasil	23
2.6.1	<i>Espécies ornamentais do presente estudo</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Localização e caracterização do local de estudo	26
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	27
3.3	Instalação e condução do experimento	29
3.4	Coletas e análises	31
3.4.1	<i>Variáveis de crescimento ao longo do experimento</i>	31
3.4.2	<i>Produção de biomassa</i>	33
3.4.3	<i>Qualidade visual: análise sensorial</i>	33
3.4.4	<i>Avaliação da tolerância à salinidade</i>	36
3.4.5	<i>Avaliação de trocas gasosas foliares e índice relativo de clorofila (SPAD)</i>	37
3.4.6	<i>Determinação dos teores de Na e K foliares</i>	37
3.4.7	<i>Caracterização das respostas espectrais foliares</i>	38
3.5	Análise estatística	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Salinidade do solo ao final do experimento	41
4.2	Medidas ao longo do experimento	43
4.2.1	<i>Altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e de flores e SPAD aos 25 DATS</i>	43
4.2.2	<i>Altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e de flores e SPAD aos 43 DATS</i>	47
4.2.3	<i>Taxas de crescimento absoluto e relativo</i>	51
4.3	Produção de biomassa	53
4.4	Qualidade visual	57

4.5	Trocas gasosas foliares.....	60
4.6	Tolerância à salinidade.....	63
4.7	Teores de minerais (Na e K) e respostas espectrais.....	66
4.7.1	<i>Teores de K e N foliares</i>	71
4.7.2	<i>Respostas espectrais X teores de Na e K foliares</i>	73
5	CONCLUSÕES.....	81
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA ANÁLISE SENSORIAL DA QUALIDADE VISUAL DE PLANTAS ORNAMENTAIS.....	94

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é bastante diversificado e a soma gerada por seus bens e serviços em 2020 chegou a R\$ 1,98 trilhão, representando 27% do PIB brasileiro. Desses valores, o ramo agrícola foi responsável por 70% (R\$ 1,38 trilhão), segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil-CNA (2021). Diferente do que muitos acreditam, a realidade dessa cadeia produtiva não gira somente em torno de cultivos agrícolas extensivos em grandes propriedades, mas também envolve o mercado de plantas ornamentais a nível doméstico, parques públicos e propriedades comerciais.

O setor de flores e plantas ornamentais representa uma parcela promissora do agronegócio no Brasil. Com a pandemia de COVID-19 o *home office* e o isolamento social, houve um crescimento na busca pela reconexão com a natureza através do cultivo de plantas. Assim, o setor cresceu 10% em 2020 e 15% em 2021, englobando produção, atacado e varejo, faturando R\$ 9,6 e 10,9 bilhões, respectivamente (IBRAFLOR, 2021). Sua cadeia produtiva oferece uma alta diversidade de produtos, com centenas de espécies e um número ainda maior de variedades de plantas cultivadas. Toda essa variedade também possui necessidades específicas de insumos e equipamentos, bem como intensiva mão de obra. A distribuição geográfica da cadeia de flores e plantas ornamentais é ampla, permitindo a geração de renda até mesmo em interiores distantes.

Embora os dados oficiais sobre o mercado mundial de plantas ornamentais sejam escassos, sabe-se que os países da Europa, América Latina e África se destacam no mercado internacional e, juntos, apresentam uma alta demanda interna, tornando-os em importantes importadores de plantas ornamentais.

A produção de flores e plantas ornamentais no Brasil destina-se quase que exclusivamente ao mercado interno (cerca de 97%), com os estados do Sul, Sudeste e o Distrito Federal como representantes de maior consumo *per capita*. A produção brasileira por estado, no entanto, concentra-se principalmente em polos nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Brasília e Ceará (IBRAFLOR, 2015).

O Ceará, um dos principais polos produtores de plantas ornamentais e flores do Brasil (IBRAFLOR, 2015), possui reconhecida aptidão local para escoamento da produção para os principais países importadores. Além disso, a quantidade de horas diárias de luz favorece a produção agrícola no geral. Contudo, o estado possui fatores limitantes para a expansão da

produção. Dentre as principais desvantagens enfrentadas pela produção de espécies ornamentais no Ceará, a escassez de água em termos de quantidade e qualidade merece destaque.

Grande parte do território do Ceará está inserido na região semiárida brasileira, na qual há uma má distribuição espacial das precipitações combinada a longos períodos de estiagem em muitas localidades. Este desbalanço de distribuição pluviométrica faz com que a irrigação seja um fator crucial para que as culturas completem seu ciclo produtivo. Entretanto, é preciso considerar que mesmo com o uso da irrigação no cultivo agrícola do estado, a questão da baixa disponibilidade de água doce para diversos consumos muitas vezes leva os produtores a utilizarem águas salobras nas culturas, sem conhecerem necessariamente os efeitos desse tipo de água sobre as plantas.

Muitos estudos sobre o aproveitamento de águas salobras para a irrigação e sobre a tolerância das culturas aos sais se concentram em espécies de gramíneas e leguminosas de importância econômica e para a cadeia alimentar, enquanto estudos similares aplicados às espécies ornamentais ainda são escassos ou inexistentes. Em plantas ornamentais, há a necessidade de avaliar a tolerância em termos quantitativos e qualitativos, focando principalmente em produtos destinados à comercialização.

Atualmente, a identificação dos efeitos do estresse salino nas culturas é feita empregando-se técnicas convencionais que requerem amostragem intensiva e métodos em sua maioria destrutivos, o que torna o diagnóstico do grau de tolerância das espécies um processo demorado. Nesse aspecto, vários estudos sugerem que a utilização de ferramentas do sensoriamento remoto, como imagens de sensores hiperespectrais, podem ser aplicadas como uma técnica não destrutiva para rápida quantificação de atributos biofísicos e bioquímicos de plantas sob estresse, a nível foliar ou de dossel (MOREIRA, 2014; FIORIO *et al*, 2018; QUEIROZ *et al*, 2019).

Diante disso, o presente trabalho visa identificar a tolerância à salinidade e caracterizar as respostas espectrais foliares de espécies ornamentais herbáceas tropicais na fase inicial de desenvolvimento, floração e produção de mudas para a comercialização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agricultura irrigada no semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro é uma região onde o déficit hídrico se configura em um dos problemas mais importantes para a produção agrícola. As chuvas nessa região geralmente se concentram durante quatro a cinco meses do ano (de dezembro a março), apresentando períodos de chuvas intensas e veranicos. Além da variabilidade temporal, verifica-se a má distribuição espacial de precipitações, com chuvas acima ou abaixo da média anual em diferentes localidades (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016). Somado a isso, a alta incidência de radiação solar eleva as taxas de evaporação da região, muitas vezes agravando esse déficit hídrico.

A maioria das culturas de importância agrícola no semiárido brasileiro são susceptíveis ao déficit hídrico, o qual torna a adoção da irrigação essencial para a manutenção da produção agrícola. O uso da irrigação proporciona uma maior produção quando comparada à produção em áreas de sequeiro (SOARES, 2007). A prática da irrigação se faz ainda mais importante durante o período seco do ano (ZONTA *et al.*, 2015).

Além da limitação de água em termos quantitativos, outro aspecto limitante para a agricultura no semiárido é a qualidade da água de irrigação, muitas vezes oriunda de fontes com altas concentrações de sais (OLIVEIRA *et al.*, 2014a). A agricultura irrigada em geral é uma atividade que demanda uma grande quantidade de água. Somando isso à escassez de recursos hídricos de boa qualidade, o aproveitamento de fontes de águas salinas tornou-se uma alternativa de utilização na irrigação de diferentes espécies, disponibilizando assim a água doce para outros consumos (humano, animal, indústrias etc.), na tentativa de otimizar a utilização dos recursos hídricos (LACERDA *et al.*, 2011).

Os sais dissolvidos na água de irrigação, mesmo em baixas concentrações, podem afetar negativamente as propriedades físicas e químicas do solo, acarretar problemas como a salinização – muito comum em regiões áridas e semiáridas, e ainda reduzir a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas (GHEYI *et al.*, 2016; HOLANDA *et al.*, 2016). Diante disso, fazem-se necessárias algumas estratégias que possam atenuar os impactos da irrigação com águas salobras.

Lacerda *et al.* (2009) sugerem estratégias que podem minimizar os efeitos negativos da utilização de águas salinas na agricultura irrigada, como: uso cíclico de águas de diferentes

concentrações de sais, principalmente nos estádios de maior tolerância das culturas; mistura de águas de diferentes salinidades e ainda o emprego de espécies ou cultivares mais tolerantes. No entanto, ainda há uma carência de estudos científicos sobre a tolerância de muitas espécies, principalmente ornamentais, à salinidade e os efeitos da salinidade sobre as mesmas.

2.2 Salinidade em regiões semiáridas

Dois são os componentes principais da melhoria dos ambientes agrícolas sob irrigação: aumento da produtividade da água e conservação da qualidade de solos e recursos hídricos. Estes, no entanto, são constantemente afetados pela salinidade em regiões áridas e semiáridas (BELTRÁN, 2016). Nessas regiões, o crescimento das áreas com problemas de salinização do solo é preocupante por se concentrar principalmente em áreas irrigadas, cujo manejo inadequado e drenagem deficientes aceleram o processo de salinização (PEDROTTI *et al.*, 2015).

Segundo Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016), o processo de salinização dos solos, de modo geral, pode se dar naturalmente, através de rochas matrizes ricas em sais solúveis que, intemperizados pela água, liberam cloretos, sulfatos e bicarbonatos de Na, Ca e Mg, potássio (K^+), amônio (NH_4^+), etc.; ou esse processo pode ser induzido pela atividade antrópica através da deposição de sais pela água de irrigação e elevação dos sais pela ascensão do lençol freático ocasionada por um manejo incorreto da irrigação.

O processo natural de salinização é identificado como salinização primária, enquanto o processo induzido por ação antrópica é chamado de salinização secundária (ESTEVEZ; SUZUKI, 2008). Ambas as causas são importantes no contexto do semiárido. Contudo, a salinidade secundária é especialmente comum em regiões semiáridas, geralmente associada à prática da irrigação, a qual leva os sais a se acumularem na superfície, parte por manejo inadequado da água de irrigação, parte pela ascensão capilar do lençol freático ou mesmo devido a substituição da água doce por águas de qualidade inferior com altas concentrações de sais (RESENDE *et al.*, 2014).

A combinação da utilização de águas salinas com ambientes que atingem temperaturas e evapotranspiração elevadas como o semiárido brasileiro, pode provocar a concentração excessiva de sais nas camadas superficiais dos solos, o que já tornou extensas

áreas produtivas em terras improdutivas (CAVALCANTE, 2012; BRAZ, 2018).

No estado do Ceará, por exemplo, as águas superficiais responsáveis pela recarga dos poços dos aluviões, tem a concentração de sais variável, dependendo da época do ano (ANDRADE *et al.*, 2005; MEIRELES *et al.*, 2007; BARROSO *et al.*, 2011). Em determinadas localidades, em virtude da época do ano e da distribuição espacial de recursos hídricos, águas subterrâneas são usadas na irrigação, as quais geralmente são salinas e que só deveriam ser usadas em culturas tolerantes ou em boas condições de drenagem (SOUZA *et al.*, 2016).

A conservação do solo e da água, a salinização desses recursos em regiões como o semiárido brasileiro e a necessidade de utilizar esses recursos pela atividade agrícola são discussões complexas. Para auxiliar na decisão consciente pela utilização desses recursos, faz-se necessária a compreensão dos efeitos da salinidade sobre as plantas.

2.3 Efeitos da salinidade sobre as plantas

Depois das secas, a salinidade do solo e da água é o estresse abiótico que mais limita o desenvolvimento das culturas e reduz a qualidade dos produtos agrícolas. Contudo, com o desenvolvimento de estudos sobre as respostas das plantas ao estresse salino e de mecanismos de tolerância, os efeitos deletérios dos sais sobre as plantas tornaram-se mais bem compreendidos.

O estresse salino desencadeia uma série de alterações em processos fisiológicos e bioquímicos essenciais às plantas, como metabolismo de lipídios, fotossíntese e síntese de proteína (ESTEVES; SUZUKI, 2008), reduz a absorção de água e nutrientes pelas plantas devido à redução do potencial hídrico da água no solo pela concentração dos sais e, consequentemente, inibe os processos de divisão e expansão celular (PARIDA; DAS, 2005; OLIVEIRA, 2017).

A redução da superfície foliar é uma das respostas iniciais das plantas ao estresse (WANG; NIL, 2000). Por consequência, o poder fotossintético da planta é reduzido devido à restrição da energia luminosa interceptada pela folha (GOMES *et al.*, 2011). Quando altas concentrações de Na^+ ou Cl^- são acumuladas nos cloroplastos, a fotossíntese também é afetada negativamente, reduzindo a síntese de carboidratos, fundamental para o desenvolvimento vegetal (HASANUZZAMAN; NAHAR; FUJITA, 2013).

Segundo Silveira *et al.* (2010), uma vez que o metabolismo vegetal funciona através de complexas redes de reações bioquímicas interconectadas, é muito difícil estabelecer uma sequência dos eventos limitantes numa planta. Contudo, para os autores, os primeiros eventos são de natureza biofísica, como os efeitos osmóticos, os quais comprometem o transporte de água, desencadeando em seguida reações que levam à redução da condutância estomática e assimilação de CO₂. Isso ocorre na fase inicial de exposição ao estresse e é chamado de “fase osmótica”. Entretanto, os autores acreditam que o que comumente é atribuído como sintomas do estresse salino nessa fase são na realidade respostas fisiológicas de aclimação ou de superação da condição adversa.

Com o acúmulo em excesso dos íons salinos no citosol, surgirão sintomas de toxicidade na fase tóxica ou iônica do estresse, variando em intensidade em função da resistência tecidual ou protoplasmática que diferem entre as espécies. Essa resistência é associada à capacidade das espécies de compartimentalizar esses íons nos vacúolos, enquanto mantém um balanço favorável de K⁺/Na⁺ no citosol. Embora os mecanismos de resposta dessa fase ainda não sejam bem compreendidos, o que se sabe é que as concentrações de íons, acima de um certo limiar, levam à senescência e morte celular programada, degradação da clorofila (clorose foliar), alterações na atividade de enzimas e da estrutura funcional das proteínas (especialmente devido ao excesso de Na⁺) e a um desbalanço nutricional (SILVEIRA *et al.*, 2010).

A salinidade também é um dos fatores ambientais estressantes que desencadeiam o estresse oxidativo nas células vegetais (GILL; TUTEJA, 2010). Os produtos da peroxidação lipídica são muito reativos e são capazes de reagir com biomoléculas como o DNA, causando danos irreversíveis às funções da membrana celular (CHICONATO *et al.*, 2019).

Os efeitos da salinidade sobre as plantas são diversos e dependem de vários fatores, inclusive a espécie e o genótipo ou cultivar, de modo que algumas espécies apresentam tolerância ao estresse, enquanto outras são susceptíveis. Além disso, em certas espécies de interesse agrícola, como as plantas ornamentais, os efeitos visuais da salinidade sobre a aparência, crescimento e produção podem ser ainda mais relevantes na avaliação da tolerância das espécies.

2.4 Tolerância das culturas à salinidade

Tolerância de plantas à salinidade é entendida como a capacidade das mesmas de se desenvolverem e completarem seu ciclo sob condições em que há elevada concentração de sais, seja no substrato ou mesmo na água de irrigação (FLOWERS; TROKE; YEO, 1977). As respostas das plantas ao estresse salino demonstram que há níveis diferentes de tolerância entre as espécies, e esses níveis são consequência de uma série complexa de eventos bioquímicos e expressão gênica, relacionados também ao ambiente. A grande questão é como esses eventos realmente contribuem com a resistência (SILVEIRA *et al.*, 2010).

De modo geral, as plantas podem ser divididas em pelo menos dois grupos principais em termos de desenvolvimento em resposta aos sais: halófitas - plantas que se desenvolvem normalmente em ambientes com altas concentrações de sais; e glicófitas – aquelas que não apresentam desenvolvimento em ambientes salinos, englobando grande parte das culturas de interesse econômico (WILLADINO; CAMARA, 2010).

Algumas culturas produzem rendimentos aceitáveis sob níveis altos de salinidade enquanto outras são sensíveis a concentrações relativamente baixas de sais. Isso se deve à melhor adaptação osmótica de algumas culturas, o que lhes permite absorver uma maior quantidade de água, mesmo em condições salinas. A amplitude de tolerância relativa entre algumas culturas pode chegar entre 8 a 10 vezes a tolerância de outras, o que pode ser proveitoso no sentido de possibilitar um maior uso de águas de salinidade moderada, consideradas adequadas para irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999).

Além da expressão gênica para a resistência, que governa o metabolismo das plantas, estas apresentam diversos mecanismos de tolerância à salinidade. O ajustamento osmótico, que algumas espécies são mais eficazes, consiste no aumento líquido na concentração de solutos na célula devido à síntese e mobilização de solutos orgânicos e ao aumento na absorção/translocação de solutos inorgânicos para o interior das células, reduzindo o potencial osmótico destas e facilitando a absorção de água. As halófitas são modelos desse mecanismo, utilizando os próprios íons salinos para esse fim, enquanto para as glicófitas há um paradoxo entre absorver íons salinos, ter mais água e garantir crescimento, e não sofrer os efeitos tóxicos desses íons (SILVEIRA *et al.*, 2010).

Outros mecanismos incluem compartimentalização intracelular dos íons no vacúolo, síntese de solutos, produção de enzimas antioxidantes e hormônios, alteração na estrutura de

membranas, acúmulo seletivo ou exclusão de íons, transporte de íons das raízes para as folhas (TESTER; DAVEPORT, 2003; FLOWERS, 2004; PARIDA; DAS, 2005).

Miranda *et al.* (2002), afirmaram que as plantas tolerantes apresentam baixo conteúdo de Na no floema e no citoplasma e altas no vacúolo, em virtude da baixa seletividade ao Na pelo tonoplasto. A *Atriplex nummularia* é um exemplo de halófito utilizada inclusive na fitorremediação em solos salinos devido a sua capacidade de acumular grandes quantidades de sais em seus tecidos (SANTOS *et al.*, 2011).

Os métodos para a determinação da tolerância das culturas à salinidade são diversos. A metodologia proposta por Mass e Hoffman (1977) demonstra uma relação linear entre a salinidade e os rendimentos relativos, considerando o grau de restrição da água e fornecendo valores de salinidade limiar, sendo também uma das mais utilizadas (AYERS; WESTCOT, 1999); Fageria (1985), propôs uma classificação baseada em reduções relativas das variáveis de crescimento ou produção, comparando as respostas dos tratamentos salinos com um tratamento geralmente não salino ou de referência; Miyamoto *et al.* (2004), propuseram tabelas de classificação da tolerância de diversas culturas, considerando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e a redução do crescimento (50 ou 25%) ou os danos causados às folhas (pelo menos 25% de folhas danificadas) (OLIVEIRA, 2017).

É possível reconhecer que as metodologias supracitadas são amplamente utilizadas em diversos estudos de classificação da tolerância. Contudo é possível que variáveis de crescimento e produção não sejam suficientes para classificar espécies cuja aparência é o principal produto comercial. Diante disso, alguns estudos foram desenvolvidos empregando também a avaliação da qualidade visual de espécies ornamentais por meio de análise sensorial visual (OLIVEIRA, 2016; NEVES *et al.*, 2018).

2.5 Sensoriamento remoto na identificação do estresse salino em plantas

De modo geral, o sensoriamento remoto é definido como a forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que ocorra contato físico com ele. Suas ferramentas atualmente têm sido empregadas amplamente em diversos campos de estudo, no entanto, o emprego de sensores se deu primeiramente em aplicações não biológicas. Atualmente o que se verifica é que algumas ferramentas como imagens espectrais podem ser aplicadas, ainda que

indiretamente, através do ajuste de índices espectrais, em estudos sobre características fisiológicas, ecofisiológicas, crescimento e aspectos qualitativos, à nível de dossel ou ainda mais minuciosamente, à nível de planta (WALTER *et al.*, 2015).

Em função de alcançar um nível de detalhamento maior das informações espectrais dos alvos, passou-se a empregar o uso de sensores hiperespectrais. Esses sensores são capazes de analisar uma grande quantidade de bandas do espectro eletromagnético entre 350 e 2500 nm, com uma resolução nanométrica para cada pixel gerado na sua imagem (MAHLEIN *et al.*, 2013) e, portanto, acredita-se que o emprego dessa natureza de dados pode auxiliar no avanço dos estudos sobre os mecanismos de tolerância a estresses bióticos e abióticos.

A caracterização hiperespectral atualmente tem sido aceita como um método não destrutivo empregado para avaliar aspectos qualitativos de plantas e produtos alimentícios. O princípio da técnica da utilização de dados hiperespectrais é baseado na espectroscopia de reflectância e no fato de que a estrutura molecular de qualquer material, inclusive os tecidos vegetais, estão relacionados à absorção, transmissão ou reflexão de comprimentos de onda eletromagnéticos. Quando a radiação solar incide sobre uma folha da planta, sua energia sofre três alterações: reflexão, absorção e transmissão. Dependendo da estrutura da folha e da espécie de planta, as energias refletidas, absorvidas e transmitidas são diferentes (LIU, 2015).

A caracterização hiperespectral pode produzir um amplo conjunto de dados sobre os compostos e capacidades físicas das plantas graças à presença de diferentes moléculas na estrutura dos tecidos vegetais, podendo também detectar e quantificar de modo não invasivo compostos secundários como flavonoides, além dos componentes principais como clorofila, celulose e água.

Na região do espectro visível a vegetação apresenta baixa reflectância, decorrente da forte absorção dos pigmentos da clorofila (NOVO, 2010). Esses pigmentos, geralmente encontrados nos cloroplastos, são: clorofila (65%), carotenos (6%) e xantofilas (29%) (PONZONI *et al.*, 2012). Existem duas bandas de absorção, centradas aproximadamente em 480 nm devido à presença de carotenos, e 680 nm, relacionada ao processo de fotossíntese. Destaca-se ainda um pico de reflectância em torno de 550 nm, correspondente à região do verde do espectro visível, o que explica a coloração verde das folhas (ROSA, 2009).

Entre 1300 nm e 2500 nm, que abrange a região do infravermelho médio, a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água na folha. A água absorve consideravelmente a radiação incidente, sendo os picos centrados nas bandas do 1450 nm, 1950

nm e 2700 nm, que correspondem também as bandas de absorção atmosférica (NOVO, 2010; PONZONI *et al.*, 2012). Posteriormente, as informações obtidas através de imagens hiperespectrais, são utilizadas através de índices de reflectância na estimativa de compostos internos da planta ou mesmo de outras características.

Alguns dos índices espectrais que têm sido amplamente aplicados para o monitoramento das culturas e a detecção do estresse de salinidade em campos agrícolas são o índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), o índice de água com diferença normalizada (NDWI), o índice de água (WI), o *Salinity and Water Stress Index I* (SWSI 1) e o Índice do Estresse Salino para a cultura do Arroz (IESA) (NAUMANN *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2011; QUEIROZ *et al.*, 2019).

Como o estresse salino pode afetar o teor de clorofila, o teor de água, a estrutura e outras características das plantas, as alterações nesses componentes e, conseqüentemente, nas suas respectivas respostas espectrais, podem ser reconhecidas e quantificadas. Estudos anteriores como os de Oliveira *et al.* (2019) e Cavalcante (2020), respectivamente, demonstraram que o potássio e o sódio possuem características fenológicas-espectrais únicas no visível (*Visible-VIS*), infravermelho próximo (*Near infrared - NIR*) e de ondas curtas (*Short wavelength infrared - SWIR I e II*) (350 nm a 2500 nm), permitindo assim, estudos utilizando espectroscopia e sensoriamento remoto na caracterização de diferentes níveis de estresses e suas respostas em cada cultura. Portanto, índices baseados em uma combinação de regiões espectrais, relacionados a parâmetros fisiológicos da planta, podem produzir bons resultados nos estudos de estresse salino em plantas, simplificando e agilizando esse processo (HAMZEH *et al.*, 2013).

2.6 Cultivo de plantas ornamentais no Brasil

Quando falamos em produção agrícola, somos conduzidos imediatamente a ideia de que a agricultura é um setor que movimentava altas cifras na economia brasileira, sustentada pelos cultivos extensivos. No entanto, o segmento de flores e plantas ornamentais também tem contribuído para o crescimento do agronegócio brasileiro. O mercado de flores e plantas ornamentais apresenta as vantagens da capacidade de diferenciação, especificidade de produto e agregação de valores, tornando esse segmento cada vez mais competitivo com as grandes culturas (CASTRO, 1998).

Segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura – IBRAFLOR, em 2018 o mercado de flores e plantas ornamentais gerou R\$ 7.9 bilhões com uma estimativa de aumentar 9-10% em 2019 (Ibraflor, 2019). A produção brasileira de flores e plantas ornamentais ocupa cerca de 15.000 hectares e emprega diretamente 78.000 pessoas, com mais de 8.000 produtores cultivando mais de 350 espécies e 300 cultivares (IBRAFLOR, 2019; REIS *et al.*, 2020).

Ainda de acordo com o Ibraflor (2022), o Ceará é um dos principais estados produtores de plantas ornamentais e flores na cadeia produtiva do país, com 338 hectares e 191 produtores. Uma das vantagens do estado é sua localização em relação aos principais países consumidores. Além disso, a quantidade de horas de sol durante o ano e ausência de geadas e granizo favorecem a produção agrícola em geral.

Plantas ornamentais e flores precisam em geral de controle de água rigoroso, o que torna necessário o uso de irrigação. Combinando essa condição com as características do semiárido brasileiro e o uso de águas salinas na irrigação, são necessárias informações sobre os diferentes níveis de tolerância das plantas, em especial as ornamentais, as quais ainda são pouco estudadas.

2.6.1 Espécies ornamentais do presente estudo

O número de espécies ornamentais é grande bem como as categorias de produto: flores e folhagens de corte, flores e plantas de vaso, plantas ornamentais e destinadas ao paisagismo (IBRAFLOR, 2015). Em virtude disto, este trabalho se propôs a estudar quatro espécies ornamentais, as quais são: Boa noite (*Catharanthus roseus*, Apocynaceae), Crista-de-galo (*Celosia cristata*, Amaranthaceae), Crista-de-galo-plumosa (*Celosia plumosa*, Amaranthaceae) e Crisântemo (*Chrysanthemum coronarium*, Asteraceae).

A espécie Boa noite (*Catharanthus roseus*), família Apocynaceae, é nativa de Madagascar e, além de sua importância ornamental, também é conhecida por suas propriedades anticâncer devido a presença dos alcaloides vincristina e vimblastina nos seus órgãos. Atualmente, como resultado de cruzamentos experimentais, a espécie possui diversas variedades e cores como branco, rosa, roxo, azul, amarelo e malva. É uma planta perene, semi arbustiva ou herbácea (NEJAT *et al.*, 2015).

Crista-de-galo (*Celosia cristata* L.), é uma das espécies pertencentes à família Amaranthaceae. Seu porte é herbáceo, sua propagação se dá por sementes e sua inflorescência aveludada é a característica mais apreciada para ornamentação (FERREIRA *et al.*, 2012). Segundo Gilman e Howe (1999), esta espécie produz as melhores flores a pleno sol, mas são tolerantes ao sombreamento parcial também. Em alguns países da África, encontra-se essa planta sendo utilizada como hortaliça (FERREIRA *et al.*, 2008). Pertencente a mesma família, a Crista-de-Galo-Plumosa (*Celosia plumosa* L.) apresenta características bem semelhantes, sendo conhecida por suas cores vibrantes. É uma espécie anual cultivada sob climas subtropicais, tropicais, temperados e até desértico. Suas flores podem ser encontradas nas cores vermelho, amarelo, laranja, rosa, roxo e branco. Suas folhas também fazem parte do cardápio de alguns países como boas fontes de proteína e carboidrato. A espécie apresenta ainda outros usos como para o tratamento de diabetes na Índia, uso de suas sementes no tratamento de febres e inflamações no Sri Lanka, tratamento de gastroenterites na China e ainda outras aplicações medicinais graças a presença de alcaloides, flavonoides etc. em sua composição (TANG; XIN; GUO, 2016; VAISHNAV *et al.*, 2017).

Chrysanthemum coronarium L., comumente chamado de crisântemo, é utilizado como planta ornamental e pertence à família Asteraceae (WAN *et al.*, 2017). É uma planta herbácea, anual, amplamente distribuída na região do Mediterrâneo e muitos países asiáticos. Suas folhas verdes são consumidos na China, Coréia e Japão devido a sua fragrância, sabor e qualidade nutricional (LUO *et al.*, 2018; GALLEGGO *et al.*, 2019).

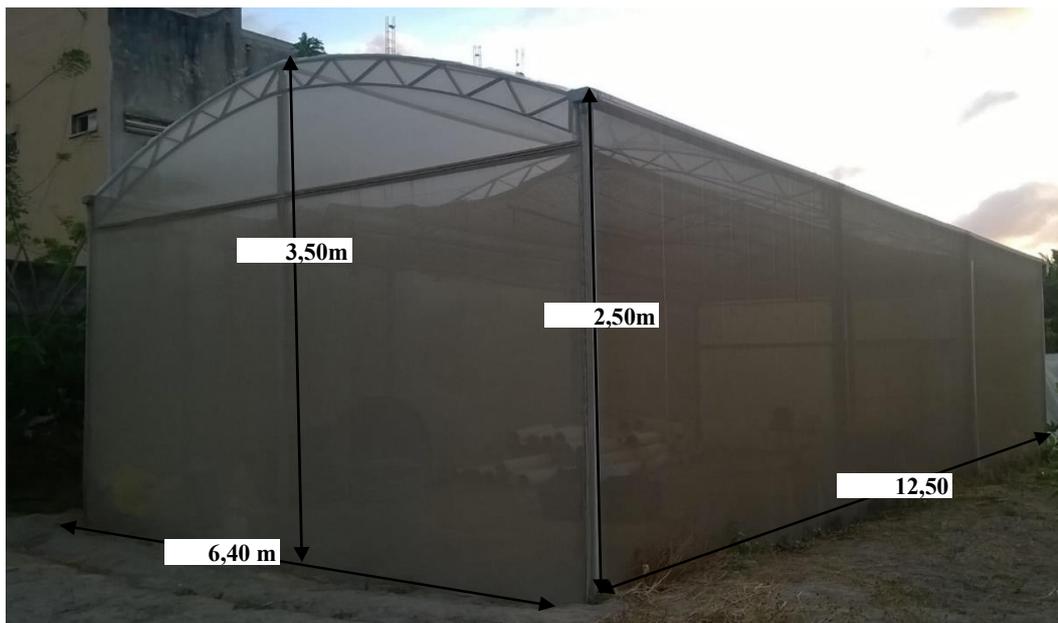
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do local de estudo

O ensaio foi realizado no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza - Ceará, Brasil, situado nas coordenadas geográficas: 3° 44' 44" de latitude Sul; 38° 34' 50" de longitude Oeste e aproximadamente 19 m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw', tropical chuvoso, com duas estações bem definidas, uma mais seca ocorrendo durante o inverno e outra chuvosa, ocorrendo no verão e outono.

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação com estrutura metálica galvanizada do tipo arco treliçado, medindo 3,50 m de altura na parte central, 2,50 m de pé direito, 6,40 m de largura, 12,50 m de comprimento. A cobertura do ambiente consiste em filme de polietileno de baixa densidade, com aditivo contra radiação ultravioleta, e espessura de 0,15 mm, transparência à radiação solar de 80%, apresentando tela anti-afídios nas laterais e nos fundos e tela de sombreamento cinza (Figura 1).

Figura 1- Dimensões da casa de vegetação utilizada para a condução do experimento.



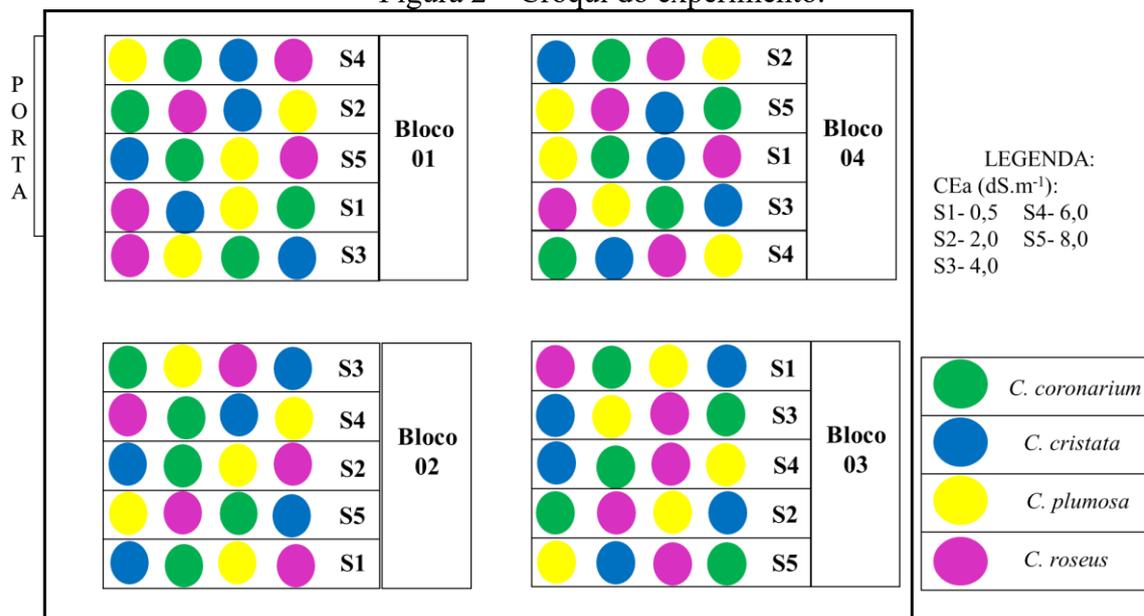
Fonte: elaborada pela autora.

Durante a condução do experimento os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram monitorados mediante o uso de Data Logger (modelo HOBO® U12-012 Temp/RH/Light/Ext), instalado no centro do ambiente. Os valores médios diários de temperatura do ar no interior da casa de vegetação variaram de 24,04°C a 29,39°C, enquanto os de umidade relativa oscilaram de 59,31 a 83,35%. Os valores de radiação solar global foram estimados com base nos dados coletados da estação climatológica Fortaleza A305 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) e na transparência à radiação de 80% do material de cobertura da casa de vegetação. Foram consideradas as leituras entre 6:00 e 18:00 horas para os dados de luminosidade, que durante o período de condução do experimento variou de 80,90 a 402,21 W.m⁻².

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos nas parcelas foram constituídos por cinco níveis de salinidade da água de irrigação – CEa: 0,5 (Controle); 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS.m⁻¹ e as subparcelas foram compostas por quatro espécies ornamentais herbáceas, totalizando 80 unidades experimentais. As unidades experimentais consistiram em 3 plantas, sendo uma planta por vaso, totalizando 240 plantas (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Croqui do experimento.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 3 – Visão geral do experimento.



Fonte: elaborada pela autora.

O tratamento controle foi obtido diluindo-se a água de poço (condutividade elétrica de $0,82 \text{ dS m}^{-1}$) com água destilada até atingir a condutividade elétrica de $0,5 \text{ dS.m}^{-1}$. A preparação dos demais tratamentos salinos ($2,0, 4,0, 6,0$ e $8,0 \text{ dS m}^{-1}$) foi feita a partir da adição dos sais NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ à água do poço, na proporção equivalente a 7:2:1, obedecendo-se a relação entre CEa e sua concentração ($\text{mmolc L}^{-1} = \text{CE} \times 10$), conforme Rhoades *et al.* (2000) e Medeiros (1992).

A seleção das espécies do estudo considerou os seguintes critérios: ornamentais herbáceas tropicais, com capacidade e bom desenvolvimento sob condições de meia sombra e pleno sol, propagação apenas por sementes e tempo de produção da planta para comercialização em torno de 40 a 60 dias. Diante desses critérios e de informações dos produtores ornamentais da região, foram selecionadas as espécies da Tabela 1.

Tabela 1 - Nome científico, família botânica, nome popular e tempo para produção de mudas das plantas (da semeadura ao ponto de comercialização) de quatro espécies herbáceas ornamentais tropicais, propagadas por sementes.

Nome Científico	Família	Nome popular	*Tempo de produção (dias)
<i>Catharanthus roseus</i>	Apocynaceae	Boa Noite	40 a 50
<i>Celosia cristata</i>	Amaranthaceae	Crista de Galo	40 a 50
<i>Celosia plumosa</i>	Amaranthaceae	Crista de Galo Plumosa	40 a 50
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	Asteraceae	Crisântemo	40 a 50

Fonte: elaborada pela autora. *As informações sobre tempo para produção das plantas até o ponto de comercialização foram obtidas diretamente com pequenas empresas produtoras de ornamentais.

3.3 Instalação e condução do experimento

As espécies foram semeadas diretamente em vasos plásticos de 725 mL, preenchidos com substrato composto por bagana de carnaúba, arisco e húmus de minhoca, na proporção 2:1:1, respectivamente. O tamanho dos vasos e o substrato foram escolhidos seguindo informações de produtores de ornamentais da região. O substrato foi caracterizado quimicamente quanto a fertilidade, e fisicamente quanto a textura, densidade e porosidade, empregando-se metodologias descritas por Teixeira *et al.* (2017). Os atributos físico-químicos estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Atributos físico-químicos do substrato utilizado.

Atributos físico-químicos					
Composição granulométrica (g. Kg⁻¹)					Classificação
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural	Textural
419	344	145	92	33	Franco-arenosa
Densidade (g.cm⁻³)		pH	CE		Classificação
ρ_s	ρ_p	água	dS.m ⁻¹		salino
1,50	2,51	6,1	3,99		
Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	K⁺	H⁺+Al³	Al³⁺
----- cmolc. Kg ⁻¹ -----					
5,60	4,60	2,13	2,72	2,97	0,50
S	T	V	M	PST	P_{assimilável}
cmolc. Kg ⁻¹		-----%-----			mg. Kg ⁻¹
15,0	18,0	84	3	12	268
C	N		MO		C/N
-----g.kg ⁻¹ -----					
26,04	2,98		44,89		9

Fonte: elaborada pela autora. ρ_s – densidade do solo. ρ_p – densidade de partículas. pH – potencial hidrogeniônico. CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação. S – Soma de bases trocáveis. T – Capacidade de troca catiônica. V – Saturação por bases. m – Saturação por alumínio. PST – percentagem de sódio trocável. M.O – matéria orgânica.

Antes da semeadura, o substrato foi irrigado de modo a elevar sua umidade à condição de saturação seguido de drenagem do excesso de água até a capacidade de campo. Em seguida, foram semeadas 6 sementes em cada vaso. A aplicação dos tratamentos salinos iniciou-se 12 dias após a semeadura- DAS, quando todas as espécies haviam emergido.

O manejo da irrigação foi realizado segundo o princípio do lisímetro de drenagem, buscando-se manter o solo na capacidade de campo e aplicando-se uma fração de lixiviação de 0,15 (equação 1), conforme Ayers; Westcot (1999), para evitar o acúmulo excessivo de sais na zona radicular. Para cada espécie e nível de CE da água de irrigação foi utilizado um vaso como lisímetro com um total de 20 vasos. As irrigações foram realizadas manualmente a cada dois dias.

$$ITN = (V.A - V.D) / (1 - 0,15) \quad (01)$$

Onde,

ITN – Irrigação total necessária, em mL;

V.A – Volume aplicado no lisímetro em mL;

V.D – Volume drenado em mL;

0,15 – Fração de lixiviação.

O desbaste, por sua vez, foi realizado aos 17 DAS quando todas as espécies atingiram cerca de 6 cm, deixando apenas uma planta por vaso. Cada vaso recebeu 1g de NPK da formulação 10-10-10 e 0,5 g de FTE-BR12 (SIMÕES *et al.*, 2002; BEZERRA, 2019), aos 21 DAS.

3.4 Coletas e análises

3.4.1 Variáveis de crescimento ao longo do experimento

Aos 25 e 43 dias após o início dos tratamentos salinos, foram avaliadas as seguintes variáveis:

Altura da planta (AP)-

A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de uma trena graduada em centímetros, considerando a altura da superfície do substrato até a extremidade da haste

principal, expressa em centímetros.

Diâmetro caulinar –

Os valores dos diâmetros caulinares foram obtidos com o auxílio de um paquímetro digital, mensurados a altura de 3 cm da superfície do substrato. Resultados expressos em milímetros.

Número de folhas –

O número de folhas foi determinado através de contagem das unidades de folhas por planta.

Número de flores –

O número de flores foi obtido através de contagem manual das unidades de flores por planta, considerando também botões florais, quando presentes.

Taxas de crescimento absoluto e relativo -

Com os dados de altura e diâmetro do caule foram calculadas as taxas de crescimento. A taxa de crescimento absoluto representa a variação ou o incremento do crescimento entre duas amostragens ao longo do ciclo. Essa taxa foi utilizada para os dados de crescimento em altura (TCAA, cm.dia⁻¹) e em diâmetro do caule (TCAD, mm.dia⁻¹), aplicados na seguinte equação:

$$TCA = (AP_1 - AP_2) / (T_1 - T_2) \quad (02)$$

Onde,

TCA - Taxa de crescimento absoluto;

AP₂ e AP₁ - Variação de crescimento da planta em altura e em diâmetro entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T₁ e T₂;

T₁ e T₂ - Intervalo de tempo entre as avaliações, em dias, sem considerar os valores preexistentes, anteriores à essa variação.

A taxa de crescimento relativo representa o incremento no crescimento, por unidade de crescimento inicial, em um intervalo de tempo. Essa taxa foi calculada para os dados de crescimento em altura (TCRA, $\text{cm.cm}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRD, $\text{mm.mm}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), através da aplicação dos dados na equação 3:

$$\text{TCR} = (\text{LnAP}_1 - \text{LnAP}_2) / (T_2 - T_1) \quad (03)$$

Onde,

TCR - Taxa de crescimento relativo;

AP₂ e AP₁ - Variação de crescimento da planta em altura e em diâmetro entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T₁ e T₂;

T₁ e T₂ - Intervalo de tempo entre as avaliações, em dias, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação;

Ln – Logaritmo natural.

3.4.2 Produção de biomassa

Aos 58 dias após a semeadura, foi feita a coleta e partição das plantas em raiz, caule, folhas e flores para quantificação da produção de biomassa fresca. Após, os materiais foram colocados em estufa a 65 °C para secagem até massa constante. A matéria seca total, a relação raiz/parte aérea e a partição de biomassa foram calculadas a partir dos dados obtidos após a pesagem das diferentes partes da planta.

3.4.3 Qualidade visual: análise sensorial

A análise da qualidade visual (sensorial) das plantas foi realizada de acordo com Neves *et al.* (2018) e Ureña; D'Árrigo; Girón (1999), aos 53 dias após a semeadura. A análise foi realizada para obter opinião de grupos de possíveis consumidores sobre a qualidade das

plantas, em termos de aparência geral e preferência, utilizando-se uma planta para cada tratamento.

Figura 4 – Análise sensorial visual das espécies.



Fonte: elaborada pela autora.

Foram utilizados dois métodos, conforme Ureña; D'Árrigo; Girón (1999): 1. método discriminativo pela escala hedônica, com nove pontos numéricos distintos, com limites variando de um (desgostei extremamente) até nove (gostei extremamente); 2. método afetivo (teste de preferência), em que se faz a seguinte pergunta aos avaliadores: “Em sua opinião como consumidor, qual das plantas você compraria?”, conforme formulário de análise sensorial (Apêndice A).

A análise sensorial foi realizada por um grupo de 100 julgadores, escolhidos ao acaso, constituído em parte por alunos, funcionários e professores na UFC- Universidade Federal do Ceará no Campus do Pici, e em um segundo local, com os clientes do North shopping Fortaleza, em Fortaleza, Ceará, Brasil. As plantas selecionadas para a avaliação tiveram suas etiquetas de tratamento substituídas por números casualizados com as amostras separadas por espécies, mas em posições aleatórias. A codificação dos tratamentos para identificação das amostras na análise sensorial está exposta na Tabela 3.

Tabela 3 - Espécies, tratamentos e códigos das amostras para análise sensorial.

Espécie	Tratamento	Código
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	S1E1	204
	S2E1	201
	S3E1	205
	S4E1	203
	S5E1	202
<i>Celosia cristata</i>	S1E2	305
	S2E2	303
	S3E2	301
	S4E2	304
	S5E2	302
<i>Celosia plumosa</i>	S1E3	405
	S2E3	404
	S3E3	401
	S4E3	403
	S5E3	402
<i>Catharanthus roseus</i>	S1E4	503
	S2E4	502
	S3E4	505
	S4E4	504
	S5E4	501

Fonte: elaborada pela autora. S1, S2, S3, S4 e S5- Tratamentos salinos com condutividade elétrica 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS.m⁻¹, respectivamente. E1, E2, E3 e E4- espécie *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente.

3.4.4 Avaliação da tolerância à salinidade

Para a classificação da tolerância à salinidade das quatro espécies foram utilizados dados de crescimento, fotossíntese e produção de biomassa. A produção de biomassa seca da parte aérea (BSPA) foi considerada a variável de referência, por representar uma resposta integral da planta ao estresse salino e pela relevância dessa variável para as plantas ornamentais.

Para a avaliação da tolerância foram utilizados os métodos para classificação proposto por Fageria (1985) e a porcentagem de plantas vivas ao final do experimento:

Percentual de redução (Fageria, 1985)

Para utilizar a classificação proposta por Fageria (1985), foram calculados os percentuais de redução nas variáveis conforme a equação 4, tomando o tratamento controle (0,5 dS.m⁻¹) como referência. Os resultados foram interpretados de acordo com a Tabela 4, adaptada de Fageria (1985).

$$RP = [(PSTS - PCTS) / PSTS] * 100 \quad (04)$$

Onde,

RP – Redução da produção em %;

PSTS – Valor obtido no tratamento irrigado com água não salina e com aplicação da água diretamente ao solo, sem molhar as folhas;

PCTS – Valor obtido nos tratamentos irrigados com água salina.

Tabela 4 – Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção.

Redução da produção de matéria seca (%)	Classificação
0-20	Tolerante
20,1 – 40	Moderadamente tolerante
40,1 – 60	Moderadamente sensível
> 60	Sensível

Fonte: Adaptada de Fageria (1985).

Porcentagem de plantas vivas

Os efeitos dos tratamentos sobre a sobrevivência das plantas foram avaliados aos 58 dias após a semeadura, quantificando-se o número de plantas sobreviventes. Os critérios para esta avaliação foram propostos por Marinho (2002), considerando-se como plantas vivas aquelas que apresentavam pelo menos uma folha verde.

3.4.5 Avaliação de trocas gasosas foliares e índice relativo de clorofila (SPAD)

As avaliações das taxas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (C_i) foram realizadas em folhas totalmente expandidas, aos 50 DAS, no período da manhã, entre 8:30 e 11:00 h, utilizando-se um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo Li-6400-40 da marca LICOR. A radiação saturante utilizada foi de $1400 \mu\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 de 400 mol.mol^{-1} , sob condições ambiente de temperatura e umidade relativa do ar. Baseado na fotossíntese e concentração interna de CO_2 foi calculada a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i).

O índice relativo de clorofila foi obtido por meio do medidor portátil SPAD 502, da marca Minolta Co, Ltd (Osaka, Japan), cujos resultados são expressos em unidades de leitura do aparelho. As leituras foram feitas com três repetições por planta, no período das 8:00 às 11:00 h da manhã, aos 25 e 43 dias após o início dos tratamentos salinos.

3.4.6 Determinação dos teores de Na e K foliares

Ao final do experimento, após a coleta, secagem e pesagem das plantas para determinação da biomassa seca, foram retiradas amostras do tecido das folhas de cada tratamento para análise da concentração foliar de sódio (Na) e potássio (K).

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C até obtenção de massa constante e posteriormente maceradas em laboratório com o auxílio de almofariz e pistilo. Em seguida foram produzidos extratos utilizando 100 mg da amostra e 10 mL de água deionizada, levados a banho-maria à 45°C por 1 hora. Os extratos foram filtrados com o auxílio

de papel filtro e armazenados a 4°C. Os teores de sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.4.7 Caracterização das respostas espectrais foliares

De acordo com a metodologia proposta por Cavalcante (2020), para as leituras espectrais em laboratório, as amostras foliares foram coletadas, devidamente identificadas e imediatamente conduzidas para o Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ciências Agrárias – CCA, da Universidade Federal do Ceará, aos 57 dias após a semeadura. O traslado se deu repetidas vezes, em blocos de coleta, e em uma estrutura de armazenamento hermeticamente fechada, para preservar ao máximo as características fisiológicas das plantas desde o campo até o laboratório.

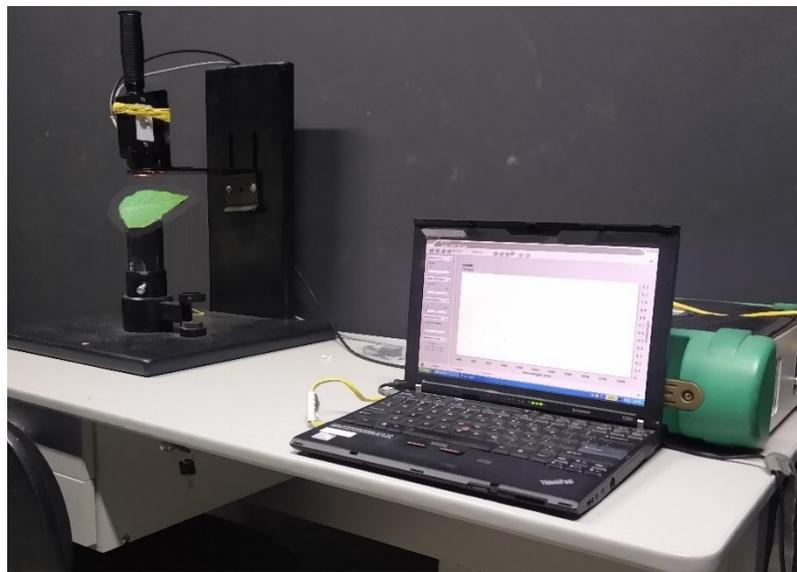
O Laboratório de Geoprocessamento é adaptado para ser um ambiente controlado, com temperatura constante e sob total ausência de luz (*dark room*), onde as paredes são completamente revestidas com cor escura a fim de evitar interferência de qualquer outra fonte de luz sobre as amostras. O espectrorradiômetro utilizado neste estudo foi o FieldSpec Pro FR 3® (*Analytical Spectral Devices Inc.*), cuja faixa de operação se entende entre as bandas 350 e 2500 nm, com resolução espectral de 3 nm nas faixas do visível (VIS) e infravermelho próximo (NIR) e 10 nm na faixa do infravermelho de ondas curtas (SWIR I e II), reamostrados para 1 nm (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Em virtude das folhas serem pequenas, optou-se pela utilização da sonda de contato *Hi-Brite Contact Probe*, usada para a coleta dos dados espectrais (Figura 4). A sonda foi posicionada em um suporte fixo e, ordenadamente, as folhas foram submetidas às leituras pelo equipamento, sendo armazenadas com seus respectivos rótulos. Como padrão de referência máxima, foi utilizada uma placa *Spectralon* branca de alta reflectância para calibração em intervalos de 20 minutos. A partir deste valor foi possível chegar ao Fator de Reflectância (FR), pela proporção entre a energia refletida pelos tecidos foliares e o valor de referência máxima obtido pela *Spectralon*.

Ao todo, foram realizadas três leituras na superfície adaxial das folhas, para obtenção dos valores de Números Digitais (ND) de cada amostra. Cada bloco consistiu de 3 repetições de indivíduos que puderam ser agrupados para obtenção do valor mediano de FR em

cada comprimento de onda. Este agrupamento de dados espectral foi necessário para ser coerente ao agrupamento de tecidos foliares realizado para quantificação em laboratório (peso mínimo necessário para análise química). Em seguida, tais valores foram convertidos para fatores de reflectância através do software ViewSpec Pro® versão 6.2.0 (ASD Inc.) e, então, realizada a média aritmética das três leituras ao longo do mesmo tecido foliar, totalizando um valor médio de 30 leituras sobre a mesma folha em cada repetição.

Figura 5 – Geometria de aquisição dos dados espectrais sob contato direto entre a sonda e a folha.



Fonte: elaborada pela autora.

Imediatamente após as leituras espectrais, as amostras foliares identificadas foram destinadas à secagem e pesagem para contabilização da biomassa seca disponível para as análises. Foram retiradas amostras do tecido das folhas de cada tratamento para análise da concentração foliar de sódio (Na) e potássio (K) segundo metodologia descrita no item 3.4.6 *Determinação dos teores de Na e K foliares*.

Cabe salientar que apesar do sensoriamento remoto ser um método não-destrutivo, esta metodologia é destrutiva, ou seja, a folha é destacada da planta para as análises. Caso seja comprovada a coerência entre dados químicos laboratoriais e as estimativas baseadas apenas em dados espectrais, ainda assim as estimativas exigiriam que a folha fosse destacada para ser conduzida ao *dark room* (ambiente escuro controlado). A contribuição deste estudo reside na identificação dos comprimentos de onda mais relevantes para Na e K. Esta informações são

potencialmente úteis em duas metodologias não-destrutivas se investigadas em: i) leituras em *dark room* (neste caso as plantas seriam trazidas e submetidas à sonda sem dano foliar); ou ii) *in situ*, sem que seja necessária a destruição das folhas das plantas cultivadas em vasos ou solo.

3.5 Análise estatística

Para a análise geral dos dados, foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade, teste F para a análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias, todos a 5% de probabilidade, além da análise de regressão. Para esse procedimento foi utilizado software estatístico SISVAR®, versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

Para as análises espectrais, a normalidade dos dados químicos das amostras foi testada antes das análises estatísticas a fim de verificar a viabilidade em se construir um modelo preditivo para as concentrações de Na⁺ e K⁺ via sensoriamento remoto hiperespectral. O teste utilizado para verificar a normalidade também foi Kolmogorov-Smirnov, que é o mais apropriado para amostras com mais de 50 observações.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi calculado para se investigar quais as regiões do espectro eletromagnético são mais associadas às concentrações foliares de Na e K. Com o objetivo de se reduzir a grande quantidade de variáveis explicativas nos modelos estimativos, o método de seleção escolhido foi o *Stepwise Forward* que consiste na varredura de todo os comprimentos de onda (350 - 2500 nm) dos dados de calibração e na hierarquização de suas relevâncias para explicar as variações nos dados químicos. Desta maneira, o método automaticamente adicionava novos comprimentos, como também removia os de menor prioridade. O parâmetro utilizado pelo software SPSS v.13, nos modelos lineares de regressão automática foi o R² ajustado.

O desempenho dos modelos de regressão foi avaliado pelo parâmetro RMSE (*Root Mean Squared Error*) que pode ser calculado a partir da raiz dos quadrados médios das diferenças entre os valores calculados e os observados, de forma que quanto maior for o valor do RMSE, maior será considerado o erro associado ao modelo. As regressões lineares foram executadas, na fase de validação, nos softwares Microsoft Office Excel®, no suplemento Análise de dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Salinidade do solo ao final do experimento

Os resultados da análise de variância para os dados de condutividade elétrica do substrato ao final do experimento ($CE_{1:1}$) expressos na Tabela 5, confirmam o efeito significativo dos fatores Espécie e Salinidade de modo isolado, bem como a interação entre eles, ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância referentes a condutividade elétrica final do substrato de espécies ornamentais sob estresse salino.

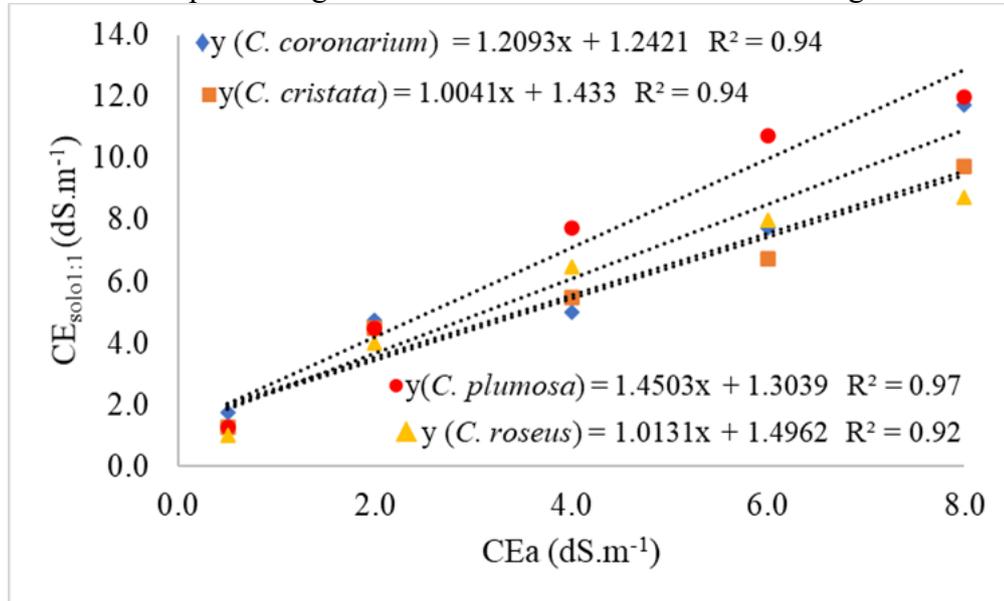
F.V.	G.L.	Quadrado Médio
		$CE_{solo1:1}$
Bloco	3	6,31 ^{ns}
Salinidade (S)	4	201,93 ^{**}
Resíduo S	12	1,87
Espécie (E)	3	12,15 ^{**}
Interação SxE	12	4,04 ^{**}
Resíduo E	45	0,86
Total	79	
CV (%) - S		22,22
CV (%) - E		15,07

Fonte: elaborada pela autora. ^{**}significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{*} significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). Dados sem transformação.

Ao final do experimento, a salinidade do substrato apresentou um aumento linear em todas as espécies (Figura 6). Foi verificado que, a cada incremento unitário na CE da água de irrigação e com uma fração de lixiviação de 0,15, a salinidade do substrato aumentou em 1,21; 1,00; 1,45 e 1,01 $dS.m^{-1}$, nos vasos de cultivo das espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente. O cultivo de plantas em vaso depende de um ponto fundamental: o substrato utilizado deve ser capaz de permitir o bom desenvolvimento das plantas. Dentre as características desejáveis em um substrato estão a regular disponibilidade de nutrientes e de água, porosidade para proporcionar a difusão do oxigênio necessário para a germinação e respiração radicular e ainda fornecer o suporte adequado para a fixação das

plantas (AZEVEDO, TORTELLI; VIEIRA, 2014).

Figura 6 - Salinidade final do substrato de cultivo de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com cinco níveis de salinidade da água.



Fonte: Elaborada pela autora.

Em substituição aos fertilizantes minerais e/ou para melhorar as propriedades físico-químicas dos substratos, os produtores utilizam ainda resíduos orgânicos na sua formulação, como a bagana de carnaúba e o húmus de minhoca utilizados neste estudo. Seguindo a formulação do substrato utilizado por produtores de plantas ornamentais da região, bem como o utilizado em outros estudos (BEZERRA *et al.*, 2019; MENDONÇA *et al.*, 2021), os vasos foram preenchidos por bagana de carnaúba, arisco e húmus de minhoca na proporção 2:1:1, o que conferiu uma boa porosidade ao substrato, boa drenagem e retenção de umidade. Contudo, a combinação desses materiais conferiu a mistura uma CE de 3,99 dS.m⁻¹ (ver Tabela 2- Metodologia).

A porosidade do substrato associada à temperatura no interior da casa de vegetação pode ter favorecido o carregamento dos sais dos tratamentos salinos para a superfície por capilaridade, causando assim o seu acúmulo além da salinidade inicial do solo, apesar da fração de lixiviação de 0,15. Nos vasos do tratamento controle, foi observada uma redução na salinidade inicial do substrato. Ao final do ensaio, a CE_{1:1} obtida foi de 1,31 dS.m⁻¹, causada pela lixiviação dos sais com água de CE 0,5 dS.m⁻¹. Nos tratamentos de 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS.m⁻¹, a salinidade final média do substrato foi de 4,44; 6,19; 8,31 e 10,56 dS.m⁻¹, respectivamente. Os valores médios obtidos por espécie foram de 5,55; 5,65; 6,2 e 7,25 dS.m⁻¹ para *C. cristata*, *C. roseus*, *C. coronarium* e *C. plumosa*, respectivamente.

4.2 Medidas ao longo do experimento

4.2.1 Altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e de flores e SPAD aos 25 DATS

O resumo da análise de variância apresentado na Tabela 6 mostra o efeito significativo do fator isolado da salinidade da água de irrigação para todas as variáveis, exceto Número de flores, após o período de exposição ao estresse de 25 dias. Todas as variáveis analisadas mostraram a influência significativa do fator isolado de espécies ao nível de 1% de probabilidade. Observou-se também o efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para a interação entre os fatores Salinidade x Espécie para todas as variáveis, com exceção do Número de flores.

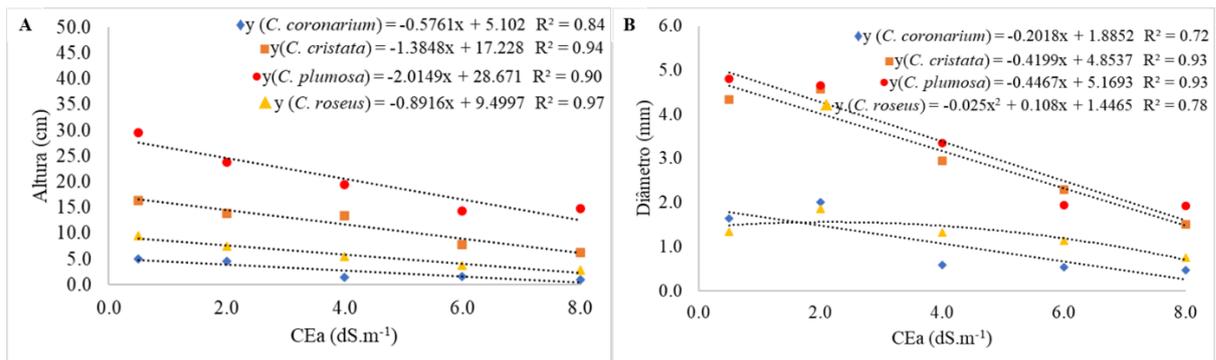
Tabela 6 - Resumo da ANOVA pelo teste F e médias para altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, número de flores e SPAD de espécies ornamentais aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Altura	Diâmetro	Nº Folhas	Nº Flores	SPAD
Bloco	3	0,39 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Salinidade (S)	4	6,29 ^{**}	1,73 ^{**}	11,21 ^{**}	0,32 ^{ns}	3,78 [*]
Resíduo S	12	0,29	0,20	0,56	0,13	0,82
Espécie (E)	3	33,25 ^{**}	4,01 ^{**}	18,55 ^{**}	11,31 ^{**}	15,01 ^{**}
Interação SxE	12	0,18 ^{**}	0,10 ^{**}	1,07 ^{**}	0,12 ^{ns}	2,34 ^{**}
Resíduo E	45	0,17	0,05	0,39	0,08	0,83
Total	79					
CV (%) - S		18,52	32,58	21,67	54,83	18,30
CV (%) - E		14,39	15,8	18,19	42,66	18,44
		cm	mm	----und----	und Spad	
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		2,74 d	1,06 b	8,93 c	0 b	17,48 c
<i>Celosia cristata</i>		11,55 b	3,13 a	12,90 b	1,95 a	25,63 b
<i>Celosia plumosa</i>		20,41 a	3,34 a	24,15 a	1,85 a	27,04 b
<i>Catharanthus roseus</i>		5,84 c	1,29 b	8,45 c	0 b	34,31 a

Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). Dados transformados em \sqrt{x} . As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey para espécies ao nível de 5% de probabilidade.

A salinidade da água de irrigação provocou reduções lineares na altura e no diâmetro da maioria das espécies. Contudo, para o diâmetro de caule da espécie *C. roseus*, o modelo quadrático apresentou o melhor ajuste (Figura 7 A e B). Foram observadas reduções em altura (Figura 7A) de 0,58; 1,38; 2,01 e 0,89 cm por incremento unitário na condutividade elétrica da água (CEa dS.m^{-1}) para as espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente. Em termos relativos, quando comparados os extremos dos tratamentos salinos (0,5 e 8,0 dS.m^{-1}), essas reduções representam 67,95; 61,56; 49,59 e 69,67%, respectivamente. Para o diâmetro do caule, foram observadas reduções médias por incremento unitário na CEa (dS.m^{-1}) de 0,20; 0,42; 0,45 e 0,05 mm para *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*. Comparando os extremos dos tratamentos salinos, essas reduções alcançaram 71,51; 64,89; 59,37 e 43,70%, respectivamente.

Figura 7 - Altura (A) e diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.

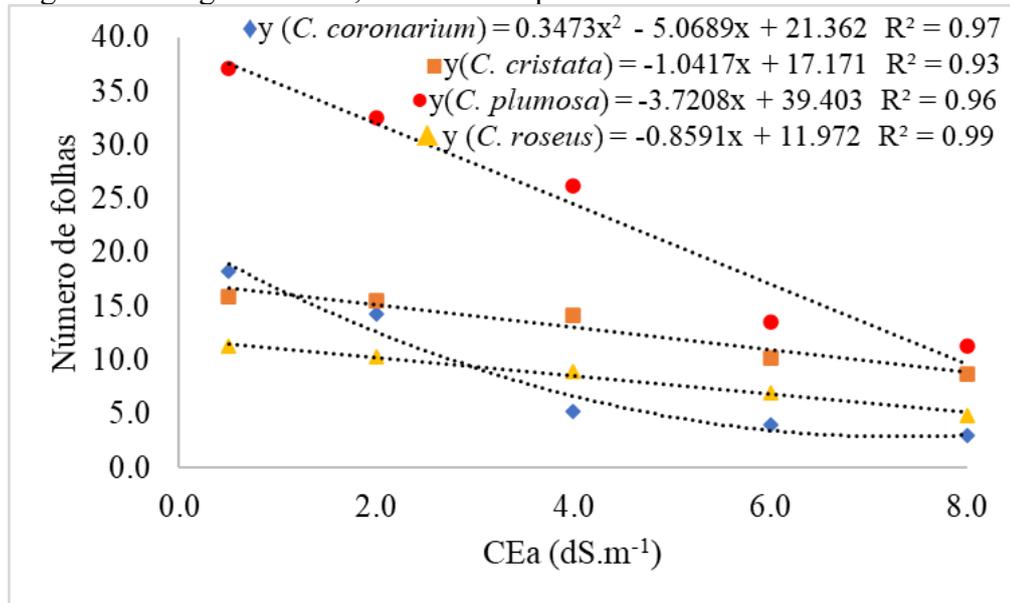


Fonte: elaborada pela autora.

O acúmulo de sais na zona radicular limita o crescimento das plantas em virtude da redução do fluxo de água do solo para as plantas, causado pelo efeito osmótico externo à raiz. Com o aumento da pressão osmótica e a redução de água disponível para as plantas, os processos de divisão e alongamento celular são prejudicados (TAIZ; ZAIGER, 2009; LIMA *et al.*, 2014). Além disso, o acúmulo de sais nas células provocado pela salinidade causa toxidez nas espécies vegetais. Contudo, a tolerância a esses efeitos pode variar entre espécies, genótipos ou cultivares da mesma espécie, estágio de desenvolvimento e órgãos de uma mesma planta (HENDRICKS; BUSHNELL, 2009).

O número de folhas de todas as espécies foi influenciado pela salinidade da água de irrigação (Figura 8). As espécies apresentaram tendências semelhantes, com decréscimos lineares, exceto para a espécie *C. coronarium*, que se ajustou ao modelo quadrático.

Figura 8 - Número de folhas de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.



Fonte: elaborada pela autora.

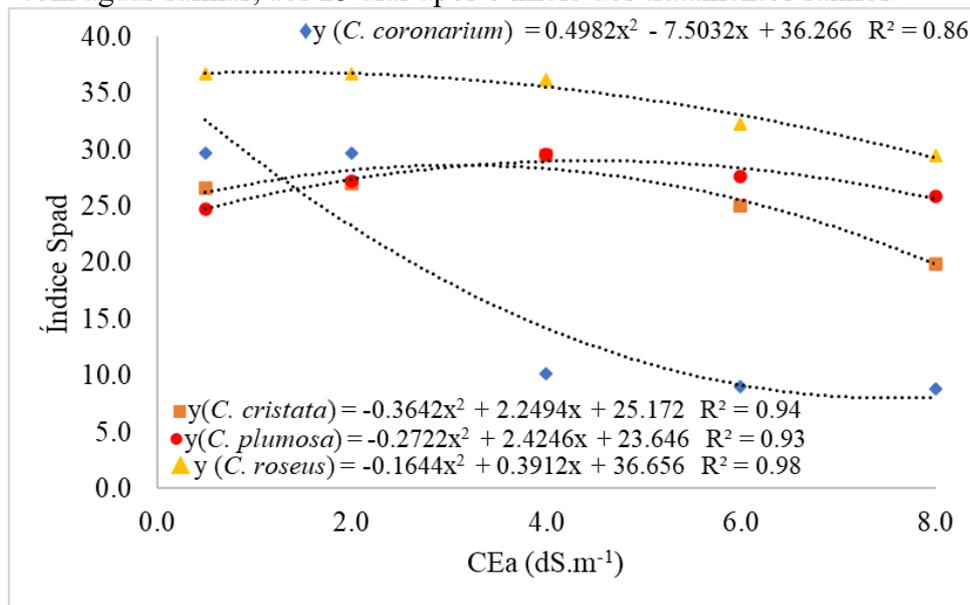
A espécie *C. coronarium* teve o número de folhas reduzido mais drasticamente dentre as demais, quando comparados os extremos dos tratamentos salinos (0,5 e 8,0 dS.m⁻¹). A cada incremento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação, as espécies apresentaram reduções médias no número de folhas de 0,69 unidades (und.) para o *C. coronarium*, 1,04 und. para *C. cristata*, 3,72 und. para *C. plumosa* e 0,86 und. para *C. roseus*. Estas reduções acumuladas provocaram uma queda no número de folhas das espécies de 78,08; 44,78; 69,44 e 57,07%, respectivamente.

A redução no número de folhas de plantas sob salinidade pode estar atrelada à limitação na absorção de água e a alterações morfológicas em resposta ao estresse provocado pelos sais. O aumento da senescência foliar e a redução na emissão de folhas novas também são efeitos desse estresse, impactando na produção de fotoassimilados e sobrevivência das plantas (MAHMOUD; MOHAMED, 2008). A diminuição do número de folhas em ornamentais é importante pois pode ocasionar perdas relacionadas a características desejáveis nas espécies, como o porte (BARROS *et al.*, 2010).

Observaram-se respostas quadráticas para o índice relativo de clorofila, apresentando decréscimo com o aumento unitário da salinidade de 0,99; 0,73; 0,54 e 0,33 unidades Spad para as espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente (Figura 9). Novamente, a espécie mais afetada foi o *C. coronarium* com uma redução total de 65,77% entre as salinidades de 0,5 e 8,0 dS.m⁻¹. Já a espécie *C. roseus* se apresentou superior as demais quando observada *in situ*, com a manutenção da coloração e

uniformidade mesmo sob níveis salinos mais altos. Sua redução de clorofila relativa entre os extremos dos tratamentos foi de 19,54%. Os decréscimos observados nas leituras do índice Spad revelam a redução no conteúdo de clorofila como efeito do estresse salino. Sob esse estresse, dentre outros efeitos, há o aumento da enzima clorofilase, responsável pela degradação da clorofila, comprometendo a atividade fotossintética e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013; CAVALCANTE *et al.*, 2011b).

Figura 9 - Índice Spad de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos.



Fonte: elaborada pela autora.

Foram observadas respostas semelhantes entre as espécies *C. cristata* e *C. plumosa* como mostra o modelo da Figura 8, diferindo de forma mais acentuada a partir da condutividade elétrica de 6,0 dS.m⁻¹, quando se observa uma manutenção nos valores do índice Spad para *C. plumosa*, enquanto estes caem para a espécie *C. cristata*, sob a mesma salinidade. Comparando as respostas destas espécies para os extremos dos tratamentos, foi obtido um incremento de 11,88% na variável observada para as plantas de *C. plumosa*, e uma redução de 25,25% na variável para as plantas de *C. cristata* (Figura 9). Isso demonstra que as respostas aos efeitos dos sais e a tolerância aos mesmos podem variar em diferentes níveis, como entre espécies do mesmo gênero.

Aos 25 dias após o início dos tratamentos salinos, a produção ou não de flores pelas plantas foi uma resposta a nível de espécie, não tendo sido evidenciado efeito estatisticamente significativo para o fator Salinidade isolado ou em interação com a subparcela. Foi verificada a produção de flores pelas espécies *C. cristata* e *C. plumosa*, as quais não diferiram entre si

pelo teste de Tukey (Tabela 6).

4.2.2 Altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e de flores e SPAD aos 43 DATS

A análise de variância dos dados de altura, diâmetro caulinar, número de folhas e flores e Spad aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos evidenciou os efeitos significativos dos fatores Salinidade e Espécie, ambos isoladamente, ao nível de 1% de probabilidade, para todas as variáveis (Tabela 7). Foi constatado também o efeito significativo da interação entre os fatores Salinidade x Espécie sobre as variáveis analisadas.

Tabela 7 - Resumo da ANOVA pelo teste F e médias para altura, diâmetro, número de folhas, número de flores e SPAD de espécies ornamentais aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Altura	Diâmetro	Nº Folhas	Nº Flores	SPAD
Bloco	3	0,74 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,23 ^{ns}	2,11 ^{ns}
Salinidade (S)	4	20,21 ^{**}	3,85 ^{**}	15,51 ^{**}	3,72 ^{**}	12,78 ^{**}
Resíduo S	12	0,42	0,10	0,45	0,17	0,98
Espécie (E)	3	51,99 ^{**}	3,92 ^{**}	24,69 ^{**}	21,12 ^{**}	33,94 ^{**}
Interação SxE	12	0,58 [*]	0,28 [*]	1,29 [*]	0,50 ^{**}	4,19 ^{**}
Resíduo E	45	0,38	0,11	0,63	0,12	1,34
Total	79					
CV (%) – S		18,14	20,68	20,51	32,72	24,48
CV (%) – E		17,29	21,98	24,32	27,60	28,60
		cm	mm	----und----		und Spad
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		3,98 c	1,43 c	7,62 b	0 c	13,84 b
<i>Celosia cristata</i>		14,02 b	3,47 a	11,07 b	2,67 b	14,48 b
<i>Celosia plumosa</i>		31,35 a	4,01 a	24,06 a	6,67 a	14,99 b
<i>Catharanthus roseus</i>		14,86 b	2,26 b	9,27 b	1,83 b	36,10 a

Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). Dados transformados em \sqrt{x} . As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey para espécies ao nível de 5% de probabilidade.

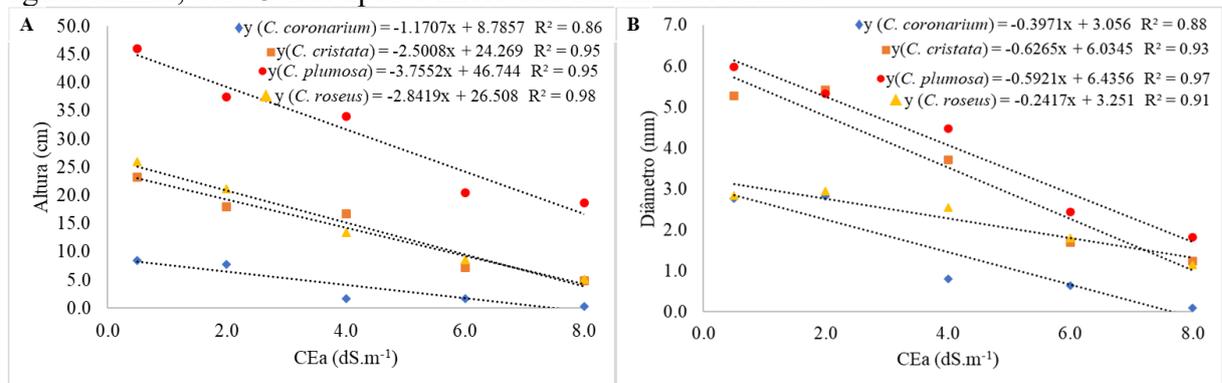
Ao final do ensaio, 43 dias após o início dos tratamentos salinos, tornou-se evidente

que a espécie cujas variáveis de crescimento em sua maioria foram mais afetadas negativamente pelo efeito da exposição prolongada ao estresse salino foi o *Chrysanthemum coronarium* (Tabela 7). Em contraste com a espécie *C. coronarium*, o teste de comparação de média das espécies exposto na Tabela 7 mostra a *Celosia plumosa* como a espécie que se destacou com as maiores médias das variáveis observadas.

Após um período de exposição ao estresse salino mais longo, foram observadas reduções mais acentuadas na altura das plantas e diâmetro do caule para todas as espécies estudadas. As reduções de ambas as variáveis se ajustaram a modelos lineares e estes modelos podem ser observados na Figura 10A e B.

A altura das plantas de *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus* decresceu 1,17; 2,5; 3,76 e 2,84 cm por incremento unitário na CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) da água de irrigação. Esses valores representam uma redução de 96,56; 79,21; 59,43 e 80,25%, respectivamente, em relação à altura de plantas do tratamento controle aos 43 DATS. Para o diâmetro, as reduções por incremento unitário na CEa foram de 0,39; 0,63; 0,59 e 0,24 mm, totalizando uma redução em diâmetro de 96,74; 76,47; 69,56 e 59,36%, respectivamente, quando comparados os extremos dos tratamentos.

Figura 10 - Altura (A) e diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.



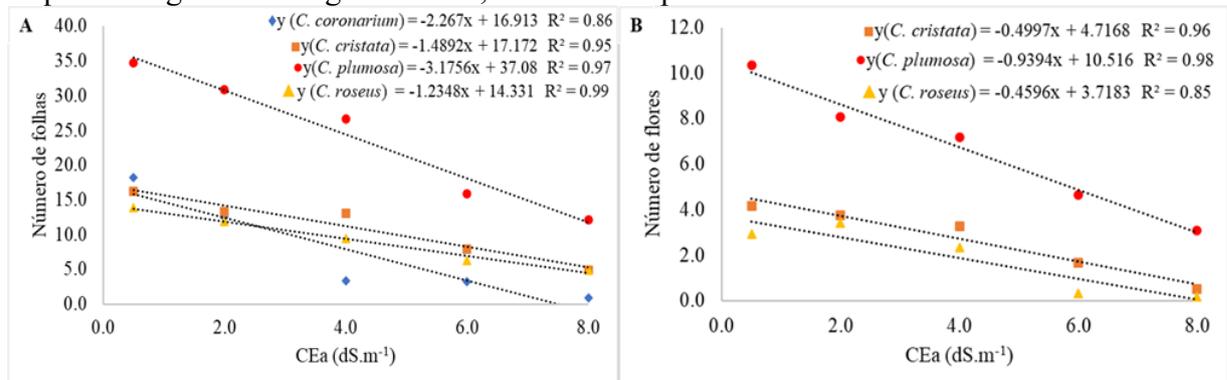
Fonte: elaborada pela autora.

Os resultados demonstram como os efeitos do estresse salino são dependentes do tempo de exposição. Em experimentos com genótipos de trigo e cevada (FRANCOIS *et al.*, 1986; MUNNS *et al.*, 1995), foi evidenciado como a escala de tempo de exposição provoca diferentes efeitos sobre os mecanismos de controle de crescimento das plantas, e essas respostas variam também em função do grau de tolerância da espécie. Em uma escala de dias, podem ser observados crescimento foliar mais afetado que o radicular e injúria nas folhas. Em semanas, os efeitos do estresse provocam a redução no tamanho final e/ou número de folhas ou a morte

de folhas mais velhas. Em meses, observa-se a alteração no tempo de floração e redução na produção de sementes, até a morte de folhas mais jovens ou ainda a morte da planta (MUNSS, 2002; WILADINO; CAMARA, 2010).

Ao final do experimento foi possível observar a intensidade dos efeitos da exposição prolongada à salinidade para o número de folhas e de flores das mudas de todas as espécies (Figura 11A e B). O número de folhas apresentado na figura 11A teve reduções médias por incremento unitário na CEa de 2,27; 1,49; 3,18 e 1,24 unidades para as espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente. Foi possível observar também que as espécies *C. coronarium*, *C. cristata* e *C. roseus* (principalmente as duas últimas) formaram um grupo com médias e inclinação da reta semelhantes. Até 8,0 dS.m⁻¹, as plantas de *C. coronarium*, *C. cristata* e *C. roseus* tiveram seu número de folhas reduzido em 94,94; 70,27 e 64,43%, quando comparadas com as mudas do tratamento controle, respectivamente. Com médias distintamente superiores das demais, a *Celosia plumosa* reduziu seu número de folhas em 65,09%, quando comparados os extremos dos tratamentos.

Figura 11 - Número de folhas (A) e número de flores (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.



Fonte: elaborada pela autora.

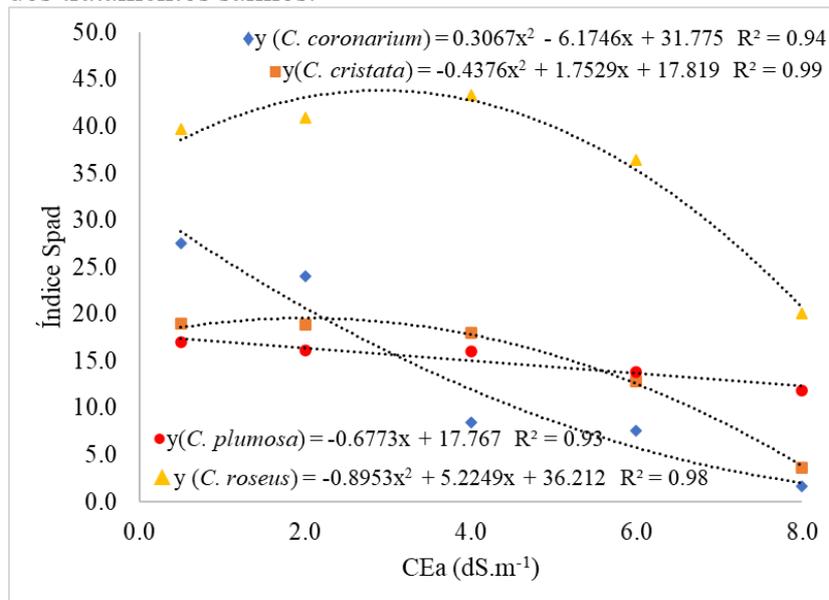
Para o número de flores (Figura 11B), foi observada a manutenção do mesmo grupo da variável anterior com as espécies *C. cristata* e *C. roseus*, com reduções por incremento unitário de 0,50 e 0,46 unidades, em média, respectivamente. A espécie *C. plumosa* apresentou novamente médias superiores, com reduções por incremento unitário na CEa de 0,94 unidades. Em termos relativos, comparando os tratamentos de 0,5 e 8,0 dS.m⁻¹, as reduções foram de 88,0; 94,18 e 70,18%, para *C. cristata*, *C. roseus* e *C. plumosa*, respectivamente. Durante o período do experimento, a espécie *C. coronarium* não produziu flores.

Oliveira (2016) pesquisando os efeitos da salinidade da água e diferentes modos de irrigação em plantas ornamentais das espécies *Duranta erecta*, *Allamanda cathartica* e

Catharanthus roseus, na fase de estabelecimento das mudas, constatou limitações no crescimento e produção de ramos das plantas irrigadas com água de salinidade superior a 1,20 dS.m⁻¹. A queda na produção de flores como efeito do estresse salino também pode estar relacionada com a diminuição das folhas produzidas pelas plantas, pois nas folhas são acumulados nutrientes e compostos orgânicos que serão translocados para os órgãos reprodutivos durante o ciclo da cultura (MOTA *et al.*, 2018).

O índice Spad das plantas ao final do experimento (Figura 12) revelou reduções intensas por efeito da salinidade. As regressões seguiram o modelo polinomial de segunda ordem, exceto para a espécie *C. plumosa*. Cada incremento unitário na CEa causou reduções de 0,61; 0,88; 0,68 e 1,78 unidades Spad para as espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. Roseus*, respectivamente.

Figura 12 – Índice Spad de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas, aos 43 dias após o início dos tratamentos salinos.



Fonte: elaborada pela autora.

Comparando o valor máximo de salinidade da água de irrigação com seu respectivo controle em cada espécie, as reduções no índice Spad alcançaram 94,50% para *C. coronarium*, 80,67% para *C. cristata* e 49,39% para *C. roseus*. A espécie *C. plumosa* não apresentou reduções significativas no índice Spad (Figura 12). Segundo Nascimento *et al.* (2012), a salinidade reduz constituintes bioquímicos das folhas tais como a clorofila e outros pigmentos fotossintéticos, sendo este efeito agravado pela duração e nível de exposição ao estresse.

4.2.3 Taxas de crescimento absoluto e relativo

Na tabela 8 está expressa a análise de variância das Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro. Exceto para a taxa de crescimento absoluto em diâmetro, o fator Espécie influenciou de forma significativa todas as variáveis, isoladamente. O fator isolado Salinidade também influenciou todas as variáveis, exceto para a taxa de crescimento relativo em diâmetro. A interação Salinidade x Espécie apresentou significância apenas para as taxas de crescimento absoluto e relativo com base em altura.

Tabela 8 - Resumo das análises de variâncias referentes às taxas de crescimento absoluto em altura (TCAA), e em diâmetro (TCAD) e taxa de crescimento relativo em altura (TCRA) e em diâmetro (TCRD) de espécies ornamentais cultivadas sob salinidade da água de irrigação.

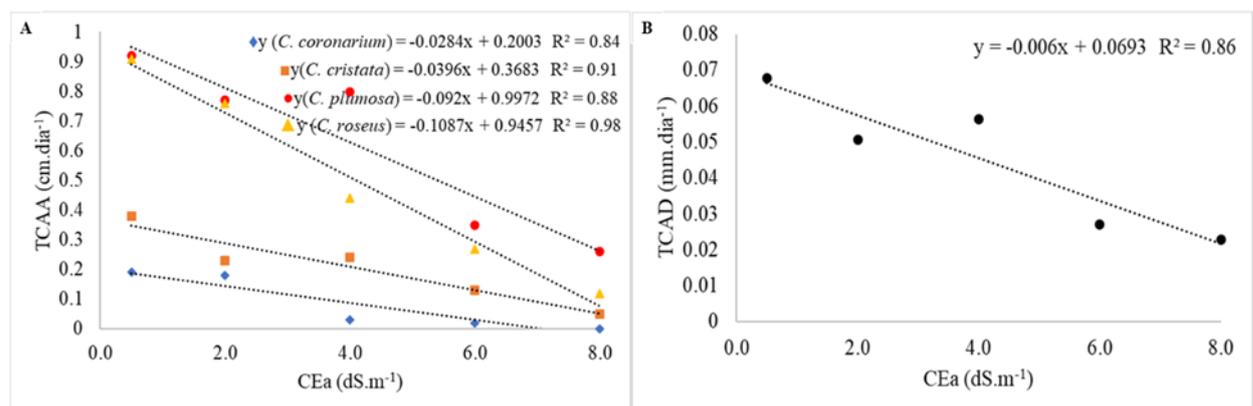
F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		TCAA	TCAD	TCRA	TCRD
Bloco	3	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Salinidade (S)	4	0,61 ^{**}	0,04 [*]	0,02 ^{**}	0,01 ^{ns}
Resíduo S	12	0,02	0,01	0,00	0,01
Espécie (E)	3	1,22 ^{**}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{**}	0,02 ^{**}
Interação SxE	12	0,03 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,00 ^{ns}
Resíduo E	45	0,01	0,01	0,00	0,01
Total	79				
CV (%) - S		27,17	54,53	27,85	64,56
CV (%) - E		19,84	42,91	23,54	52,8
		cm.dia ⁻¹	mm.dia ⁻¹	cm.cm.dia ⁻¹	mm.mm.dia ⁻¹
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		0,08 d	0,034 a	0,015 c	0,022 ab
<i>Celosia cristata</i>		0,21 c	0,046 a	0,015 c	0,016 b
<i>Celosia plumosa</i>		0,62 a	0,045 a	0,023 b	0,014 b
<i>Catharanthus roseus</i>		0,50 b	0,054 a	0,048 a	0,036 a

Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ns não significativo ($p \geq 0,05$). Dados transformados em \sqrt{x} . As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey para espécies ao nível de 5% de probabilidade.

Como mostra a figura 13A, todas as espécies tiveram sua taxa de crescimento absoluto em altura afetada intensamente pela salinidade, contudo a espécie *C. plumosa* se

destacou dentre as demais, com os maiores valores para a variável, mesmo sofrendo reduções por incremento unitário na CEa de $0,092 \text{ cm.dia}^{-1}$. Em relação ao tratamento controle, as plantas dessa espécie, irrigadas com água de CE de $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$, alcançaram uma redução média de 71,90%. A espécie *C. roseus* apresentou a redução mais acentuada, de $0,108 \text{ cm.dia}^{-1}$ por incremento unitário na CEa, quando comparada com as demais. Porém, em termos relativos, sua redução de 86,38% se assemelhou à da espécie *C. cristata*, de 86,48%, quando comparadas entre os extremos dos tratamentos. Por fim, a espécie que dentre as demais mostrou a menor redução unitária nos valores médios da taxa de crescimento, a *C. coronarium*, teve suas médias reduzidas em 99,77%, ao ser irrigada com a salinidade mais alta, em relação às plantas do tratamento controle.

Figura 13 - Taxas de crescimento absoluto em altura (A) e em diâmetro (B) de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.



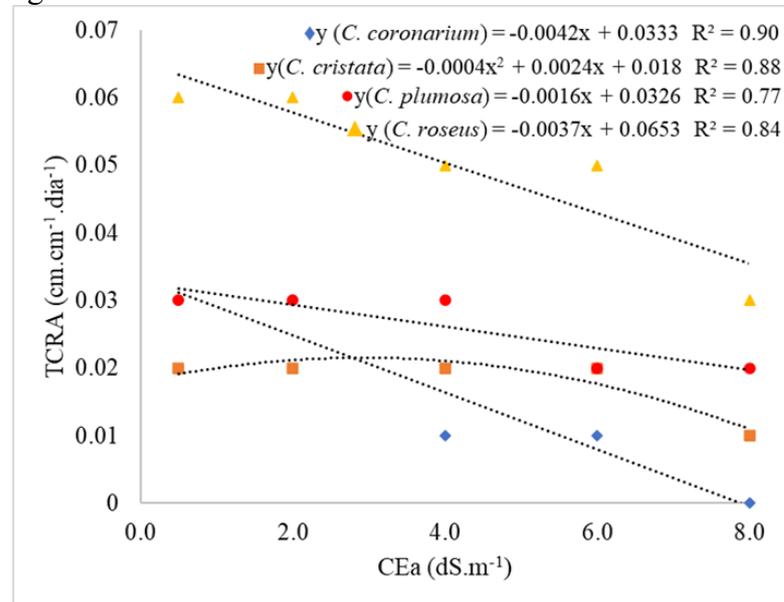
Fonte: elaborada pela autora.

Para a taxa de crescimento absoluto em diâmetro (Figura 13B), foi verificado um efeito significativo apenas para a salinidade da água de irrigação (CEa), o que sugere que a salinidade influenciou as espécies de modo muito semelhante e o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos efeitos. Foram obtidos decréscimos médios por incremento unitário na CEa de $0,006 \text{ mm.dia}^{-1}$, e redução entre os extremos dos tratamentos salinos de 66,17%.

Em estudo sobre os efeitos da salinidade nas espécies *Ixora coccínea*, *Duranta erecta*, *Allamanda cathartica* e *Catharanthus roseus* na fase de estabelecimento de mudas, Oliveira (2017) verificou reduções lineares nas taxas de crescimento das plantas quando submetidas a níveis crescentes de salinidade, e que essas reduções variavam em grau entre as espécies. Isso indica uma variabilidade interespecífica nos graus de tolerância à salinidade. Além da variabilidade genética, sob estresse salino, a inibição do crescimento das plantas pode ser atribuída à diminuição na turgescência e expansão celulares, provocados pelo déficit hídrico

em virtude do excesso de sais solúveis na zona radicular (FREITAS *et al.*, 2014).

Figura 14 - Taxas de crescimento relativo em altura de espécies ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.



Fonte: elaborada pela autora.

Para as taxas de crescimento relativo em altura, observou-se reduções mais acentuadas nas espécies *C. coronarium* e *C. roseus*, com 0,0042 e 0,0037 cm.cm⁻¹.dia⁻¹, respectivamente, seguidas de 0,0016 e 0,0008 cm.cm⁻¹.dia⁻¹ para *C. plumosa* e *C. cristata*. Comparando as plantas irrigadas com água de CE = 0,5 com aquelas irrigadas com água de CE = 8,0 dS.m⁻¹, os decréscimos relativos foram de 98,82; 46,74; 37,95 e 60,89%, respectivamente (Figura 14). As modificações no crescimento das plantas sob estresse salino podem se originar em função do desbalanço hídrico, nutricional ou hormonal provocados pelos efeitos tóxicos e osmóticos do acúmulo de sais nas células (PRISCO; GOMES FILHO, 2010).

4.3 Produção de biomassa

De acordo com o resumo das análises de variâncias para os dados de produção de biomassa (Tabela 9), o fator salinidade influenciou isoladamente todas as variáveis, exceto a razão biomassa seca da parte aérea/raiz (PA/R), ao nível de 1% de probabilidade. Foi verificado efeito significativo também para as espécies em todas as variáveis, bem como a interação entre os fatores isolados (exceto para PA/R). O teste de Tukey para as espécies (Tabela 9) destaca a espécie *C. plumosa* com a maior produção para todas as variáveis e as espécies *C. coronarium* e *C. roseus* com produção inferior. Já a espécie *C. cristata* demonstrou-se numa posição

intermediária dentre as demais para a produção de biomassa total e da parte aérea.

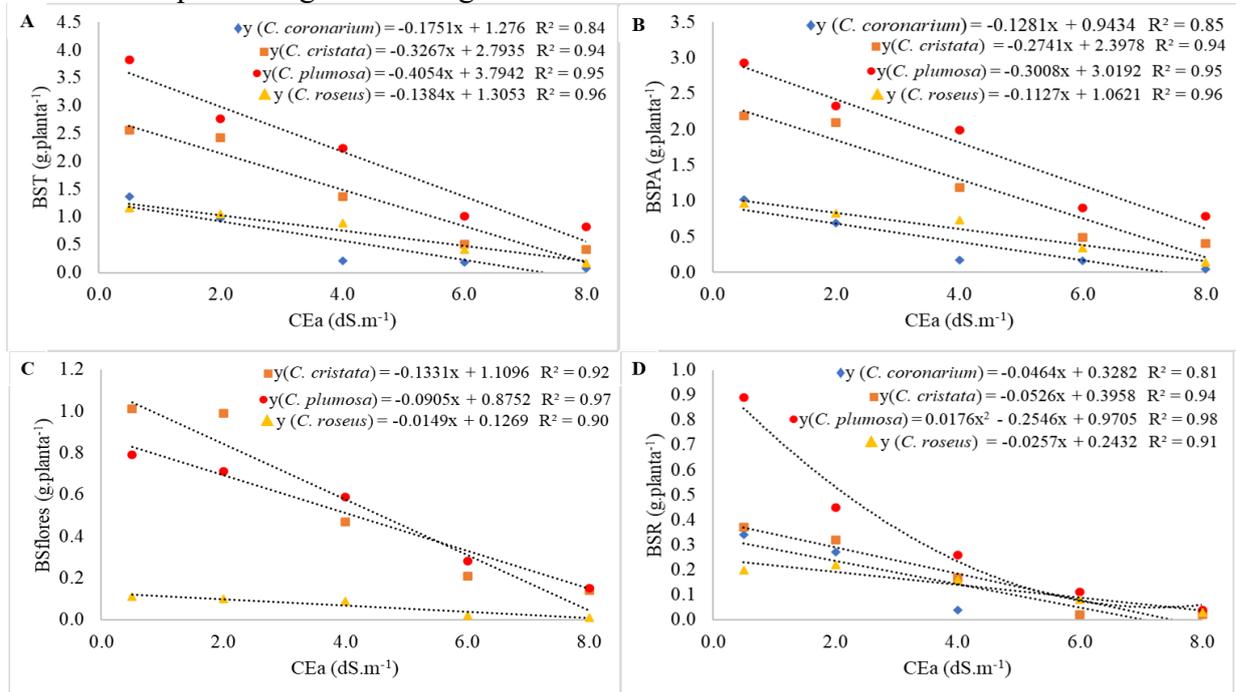
Tabela 9 - Resumo das análises de variâncias referentes a biomassa seca total (BST), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de flores (BSFlor), biomassa seca de raízes (BSR) e razão biomassa seca da parte aérea/raiz de plantas ornamentais herbáceas sob estresse salino.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		BST	BSPA	BSFlor	BSR	PA/R
Bloco	3	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,17 ^{ns}
Salinidade (S)	4	1,51 ^{**}	1,067 ^{**}	0,43 ^{**}	0,72 ^{**}	9,47 ^{ns}
Resíduo S	12	0,09	0,05	0,01	0,02	1,17
Espécie (E)	3	0,21 [*]	0,11 [*]	2,34 ^{**}	0,20 ^{**}	1,19 ^{**}
Interação SxE	12	0,71 ^{**}	0,94 ^{**}	0,07 ^{**}	0,04 ^{**}	2,90 ^{ns}
Resíduo E	45	0,13	0,05	0,01	0,01	1,68
Total	79					
CV (%) - S		30,91	24,12	29,52	36,96	44,35
CV (%) - E		38,00	24,17	27,44	28,75	53,26
		-----g. planta ⁻¹ -----				
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		0,56 c	0,42 c	-	0,14 b	3,49 c
<i>Celosia cristata</i>		1,45 b	1,28 b	0,56 a	0,18 b	12,20 a
<i>Celosia plumosa</i>		2,13 a	1,78 a	0,50 a	0,35 a	11,43 a
<i>Catharanthus roseus</i>		0,74 c	0,60 c	0,06 b	0,14 b	5,22 ab

Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). Dados transformados em \sqrt{x} . As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey para espécies ao nível de 5% de probabilidade.

As espécies *C. plumosa* e *C. cristata* se destacaram dentre as demais por apresentarem as maiores médias de biomassa seca total (Figura 15A), apesar das reduções de 0,41 e 0,33 g. planta⁻¹ a cada aumento de 1,0 dS.m⁻¹ na condutividade elétrica da água de irrigação. Até o nível de salinidade mais alto do experimento, a produção de biomassa seca total dessas espécies foi reduzida em 78,53 e 83,59%, respectivamente, quando comparada à produção das plantas irrigadas com o tratamento controle. As espécies *C. roseus* e *C. coronarium* apresentaram uma menor produção de biomassa total em todos os níveis salinos do estudo, com reduções por incremento unitário na CEa de 0,14 e 0,18 g. planta⁻¹, alcançando reduções relativas de 85,02 e 95,09%, respectivamente.

Figura 15 - Biomassa seca total -BST (A), biomassa seca da parte aérea- BSPA (B), biomassa seca de flores -BSFlores (C) e biomassa seca de raízes -BSR (D) de plantas ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.



Fonte: Elaborada pela autora.

A salinidade provoca um aumento da pressão osmótica no solo e consequentemente déficit hídrico nas plantas, levando com isso ao fechamento estomático, redução na transpiração e na capacidade fotossintética de plantas susceptíveis. Com a redução na assimilação de CO₂, são verificados efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, assim como o comprometimento da produção de biomassa seca total (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em espécies capazes de realizar o ajuste osmótico pelo acúmulo de íons nas células foliares, são verificadas melhores taxas de produção de biomassa, crescimento e sobrevivência, mesmo em ambientes salinos (DIAS; BLANCO, 2010).

Semelhantemente à biomassa seca total, a biomassa seca da parte aérea sofreu inibições acentuadas à medida que as concentrações de sais dos tratamentos se elevaram (Figura 15B). Até a CEa de 4,0 dS.m⁻¹, foi observada a formação de dois pares de espécies de resultados semelhantes. O par de destaque na produção de biomassa seca da parte aérea, composto pelas espécies *C. plumosa* e *C. cristata*, expressou reduções de 0,30 e 0,27 g. planta⁻¹ por incremento unitário na CEa, respectivamente. As espécies *C. coronarium* e *C. roseus*, de resultados inferiores, tiveram reduções de 0,13 e 0,11 g. planta⁻¹, respectivamente, à medida que se elevou a CEa. Ao verificarmos as reduções intraespecíficas, comparando os resultados dos extremos dos tratamentos salinos, a inibição na produção de biomassa da parte aérea foi mais intensa no

C. coronarium, com 95,17%, seguido das espécies *C. roseus*, *C. cristata* e *C. plumosa*, com 81,25; 74,36 e 53,77%, respectivamente.

Acima do nível limiar, a salinidade tem como um dos efeitos a redução no crescimento das plantas em função do aumento na energia metabólica demandada no ajustamento osmótico, absorção de água e de nutrientes para sobrevivência e produção sob estresse salino, afetando a produção de biomassa (RHOADES *et al.*, 2000). De acordo com Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010), a parte aérea das plantas constitui-se de órgãos mais sensíveis ao estresse salino de curta ou longa duração do que os órgãos subterrâneos (raízes e tubérculos), sendo a parte aérea a variável mais adequada para classificação de tolerância à salinidade.

Os tratamentos salinos reduziram a produção de flores pelas plantas e conseqüentemente sua biomassa, linearmente (Figura 15C). Verificou-se que novamente as espécies *C. cristata* e *C. plumosa* apresentaram médias e tendência semelhantes de queda na produção de biomassa de flores, com reduções de 0,13 e 0,09 g. planta⁻¹, respectivamente, por incremento unitário na CEa. A espécie *C. roseus* teve produção de biomassa de flores inferior à das demais, com reduções de 0,015 g. planta⁻¹. Tomando as espécies isoladamente, foram verificadas inibições de até 85,58% para a *C. cristata*, 80,48% para *C. plumosa* e 92,02% para *C. roseus*, quando comparadas às produções médias dos tratamentos controle e a salinidade máxima do experimento. A espécie *C. coronarium* não produziu flores mesmo no tratamento controle durante o experimento. Bezerra (2019) observou respostas similares em plantas de *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* e *Celosia argentea*, submetidas ao estresse salino na fase de produção de mudas, com reduções totais na biomassa seca de flores de 89,00; 87,96 e 58,22%, respectivamente, quando irrigadas com água salina de 6,0 dS.m⁻¹ em comparação com o tratamento controle de 0,5 dS.m⁻¹.

A produção de biomassa seca radicular foi inibida significativamente em todas as espécies (Figura 15D). As plantas da espécie *C. cristata* apresentaram inibições por incremento unitário na CEa mais intensas em relação às demais, de 0,053g, seguida pela espécie *C. coronarium*, com 0,046 g. Apesar da intensidade da queda na biomassa seca de raízes da espécie *C. plumosa* entre os níveis de 0,5 e 2,0 dS.m⁻¹, verificou-se reduções unitárias de 0,035 g. A espécie *C. roseus* foi a que registrou a menor redução unitária de biomassa, com 0,026 g. Comparando as reduções relativas entre os extremos dos tratamentos, evidenciou-se que a biomassa seca de raízes, principalmente das espécies *C. plumosa* e *C. cristata*, foi muito sensível à crescente salinidade, com inibições totais de 95,23 e 95,13%, seguidas pelo *C. coronarium*, com 94,81% e, por fim, a *C. roseus*, com 83,58%. A produção de raízes é bastante

sensível ao estresse salino em virtude de este ser o único órgão diretamente exposto aos sais no solo e à sua ação deletéria, bem como dos efeitos da salinidade sobre o metabolismo das plantas, resultando no decréscimo na produção de biomassa (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

4.4 Qualidade visual

Os testes de avaliação da aparência geral das plantas e preferência dos consumidores foram constituídos por 100 amostras para cada espécie, das quais 53% foram de julgadores do sexo feminino e 47% do sexo masculino. As faixas etárias dos julgadores foram compostas em 69% por pessoas de 18 a 35 anos, 26% dos julgadores entre 36 e 55 anos e 5% com idade entre 56 a 70 anos, todos não treinados.

Na tabela 10 estão expostas as médias das notas atribuídas para aparência geral de plantas das espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*. Houve diferença estatística para o fator salinidade. Foi verificado que a espécie *C. plumosa* manteve médias acima de 7,0 até o tratamento de 6,0 dS.m⁻¹, diferindo estatisticamente entre os níveis de 2,0 e 4,0 dS.m⁻¹. As notas das espécies *C. cristata* e *C. roseus* não diferiram estatisticamente entre os tratamentos salinos até 4,0 dS.m⁻¹. Nota-se que o *C. coronarium* obteve médias inferiores às das demais espécies mesmo no tratamento controle, no entanto, suas notas médias não diferiram significativamente até 2,0 dS.m⁻¹.

Tabela 10 - Notas atribuídas para aparência geral de plantas de *C. Coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, submetidas à diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

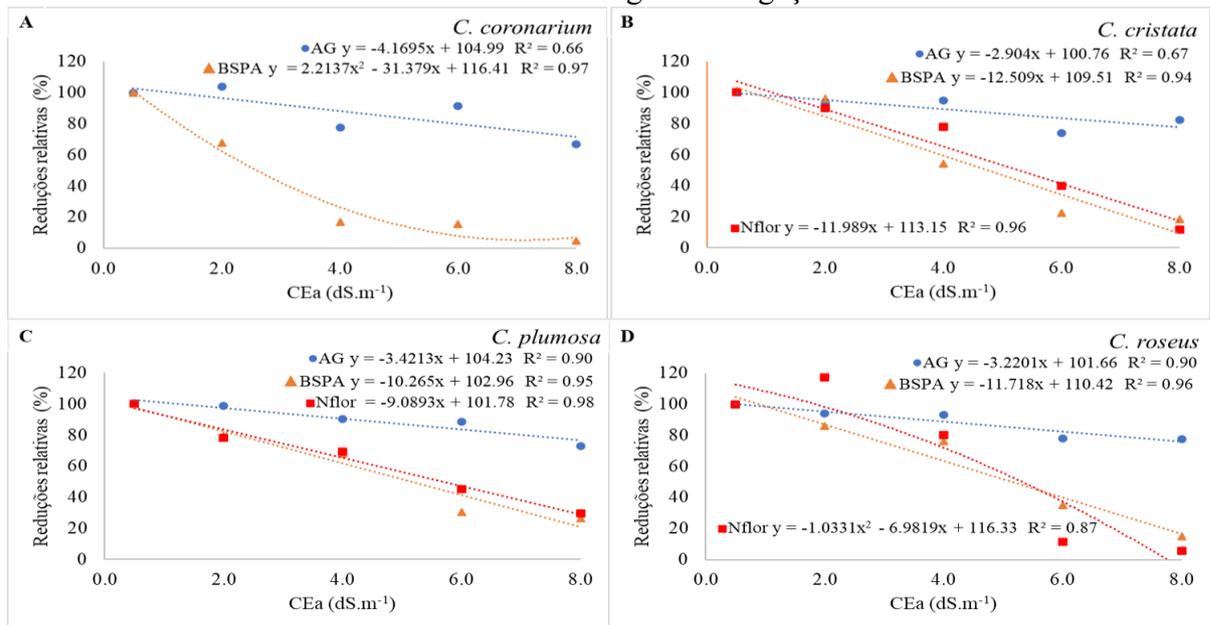
Notas atribuídas				
Espécies				
Tratamentos ---dS.m ⁻¹ ---	<i>C. coronarium</i>	<i>C. cristata</i>	<i>C. plumosa</i>	<i>C. roseus</i>
0,5	6,51 ab	8,01 a	8,00 a	7,50 a
2,0	6,75 a	7,51 a	7,90 a	7,05 a
4,0	5,05 c	7,61 a	7,23 b	6,99 a
6,0	5,94 b	5,92 c	7,09b	5,85 b
8,0	4,36 c	6,60 b	5,82 c	5,81 b
CV (%) -	32,05	21,52	21,63	25,44

Fonte: Elaborada pela autora. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey para espécies ao nível de 5% de probabilidade.

A análise das quatro espécies do estudo na Figura 16, revela que, em espécies

ornamentais, pode haver dissimilaridade entre os aspectos quantitativos e qualitativos, ambos dependentes do nível salino dos tratamentos. A espécie *C. coronarium* apresentou discrepâncias entre as reduções relativas na aparência geral (AG) e na biomassa seca da parte aérea (BSPA). Foram observados decréscimos por incremento unitário na CEa de 4,17% na aparência geral enquanto para a biomassa da parte aérea, as reduções relativas tenham foram de 4,43%. Mesmo não produzindo flores até a data da análise sensorial, os consumidores podem ter sido influenciados pela manutenção de outros aspectos de interesse nas plantas como tamanho, volume, cor e ausência de danos nas folhas, ainda que as plantas tenham sofrido inibições no crescimento com a salinidade (Figura 16A).

Figura 16 - Reduções relativas de biomassa seca da parte aérea (BSPA), número de flores (Nflor) e aparência geral (AG) de *C. coronarium* (A), *C. cristata* (B), *C. plumosa* (C) e *C. roseus* (D), submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora.

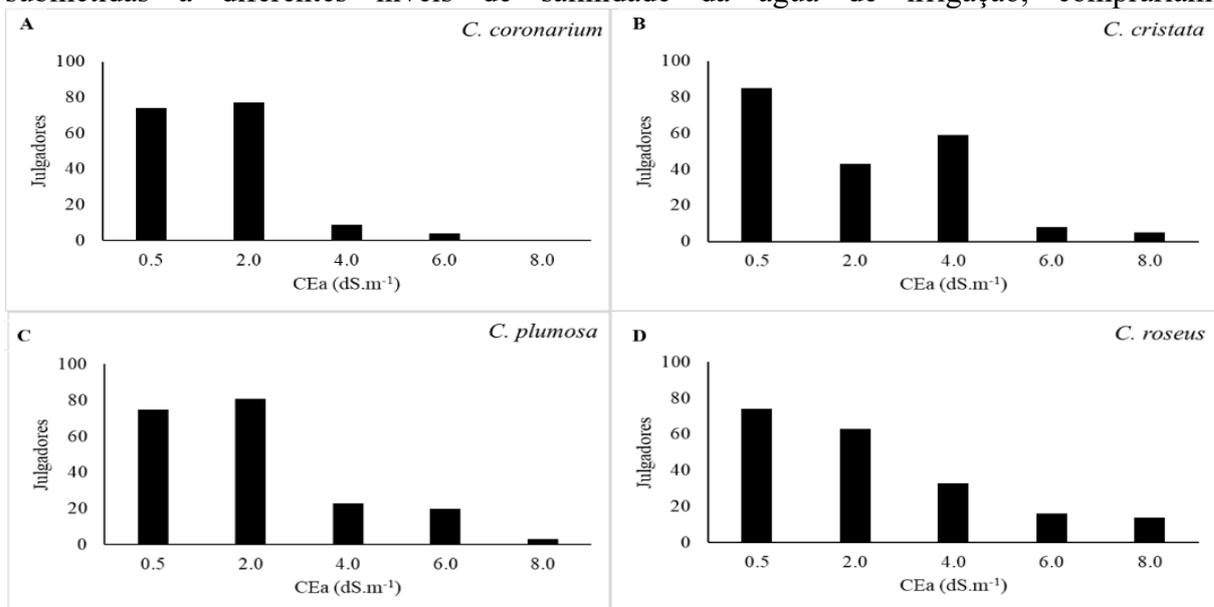
As espécies *C. cristata* e *C. plumosa* (Figura 16B e C) expressaram reduções relativas com tendências semelhantes. Ao passo em que o número de flores e a biomassa seca da parte aérea decresceram intensamente com o aumento da salinidade, a aparência geral de ambas as espécies sofreu decréscimos mais sutis. Verificaram-se decréscimos de 11,99 e 12,51% nas variáveis Nflor e BSPA, respectivamente, para a espécie *C. cristata*, e de 9,09 e 10,26%, respectivamente, para as plantas de *C. plumosa*, enquanto para a AG, foram verificadas reduções de 2,90 e 3,42%, respectivamente, por incremento unitário na CEa.

As avaliações sobre a AG da espécie *C. roseus* caíram linearmente de 3,22% por unidade incrementada na CEa (dS.m⁻¹), em 11,72% na BSPA e em cerca de 2,07% no número

de flores. Sob o tratamento de 2,0 dS.m⁻¹, foi observado um aumento de 17,14% no número de flores em relação às plantas do tratamento controle (0,5 dS.m⁻¹), resultado semelhante ao obtido por outros autores (NEVES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018), os quais verificaram também um aumento na produção de flores até 2,5 dS.m⁻¹, mesmo em plantas já no estágio de estabelecimento em campo.

Somado ao teste de avaliação da aparência geral das plantas, os julgadores foram instruídos a “Em sua opinião como consumidor (a), escolha DUAS amostras que você compraria” para cada espécie, e os resultados estão expostos na figura 17. Observa-se que para a espécie *C. coronarium* a preferência dos consumidores se concentrou nos níveis 0,5 e 2,0 dS.m⁻¹, corroborando os resultados da Figura 16, nos níveis em que a BSPA se manteve alta.

Figura 17 - Preferência dos julgadores quando questionados sobre qual das amostras das espécies ornamentais *C. coronarium* (A), *C. cristata* (B), *C. plumosa* (C) e *C. roseus* (D), submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, comprariam.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para as espécies *C. cristata* e *C. roseus*, o teste de preferência resultou em boa distribuição das escolhas até a salinidade de 4,0 dS.m⁻¹. Já para a espécie *C. plumosa*, apesar de ter recebido intenções de compra em todos os níveis, estas se concentraram também nos níveis 0,5 e 2,0 dS.m⁻¹. De modo geral, as características visuais das plantas como coloração das folhas atraente, presença, tamanho e qualidade das flores e porte da planta refletem em mais intenções de compra. Certas alterações morfológicas causadas pela irrigação com águas salinas podem favorecer a qualidade visual do ponto de vista do consumidor (OLIVEIRA, 2017), o limite entre as reduções no crescimento e a manutenção da qualidade visual das espécies. Contudo, estas

alterações morfológicas variam entre as mesmas e reforçam a necessidade de avaliar outras espécies e outros estádios de desenvolvimento.

4.5 Trocas gasosas foliares

Os resultados das análises de variância e testes de Tukey apresentados na Tabela 11 indicam que as trocas gasosas foliares foram influenciadas significativamente pelos fatores isolados salinidade da água de irrigação (exceto para a eficiência instantânea de carboxilação- A/C_i) e espécies. Para todas as variáveis, não foi evidenciada interação significativa entre os fatores do estudo.

Tabela 11 - Resumo das análises de variâncias e teste de Tukey para Espécies, referentes aos dados de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), em plantas ornamentais sob estresse salino.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		A	E	g_s	C_i	A/C_i
Bloco	3	2,09 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,02 ^{ns}	20,52 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Salinidade (S)	4	3,36*	5,43**	0,32**	109,02**	0,002 ^{ns}
Resíduo S	12	0,95	0,59	0,03	20,05	0,003
Espécie (E)	3	9,45**	2,94**	0,13**	72,54**	0,04**
Interação SxE	12	1,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	15,56 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Resíduo E	45	0,94	0,38	0,02	17,00	0,004
Total	79					
CV (%) – S		32,45	39,59	41,07	30,14	30,77
CV (%) – E		32,16	31,84	33,60	27,75	34,09
		$\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol}.\text{mol}^{-1}$	
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		8.16 b	4.05 b	0.19 b	207.58 b	0.027 b
<i>Celosia cristata</i>		9.90 b	4.85 ab	0.21 ab	261.22 a	0.037 b
<i>Celosia plumosa</i>		6,72 b	3.10 c	0.12 c	244.54 ab	0.033 b
<i>Catharanthus roseus</i>		16.15 a	6.20 a	0.28 a	265.29 a	0.061 a

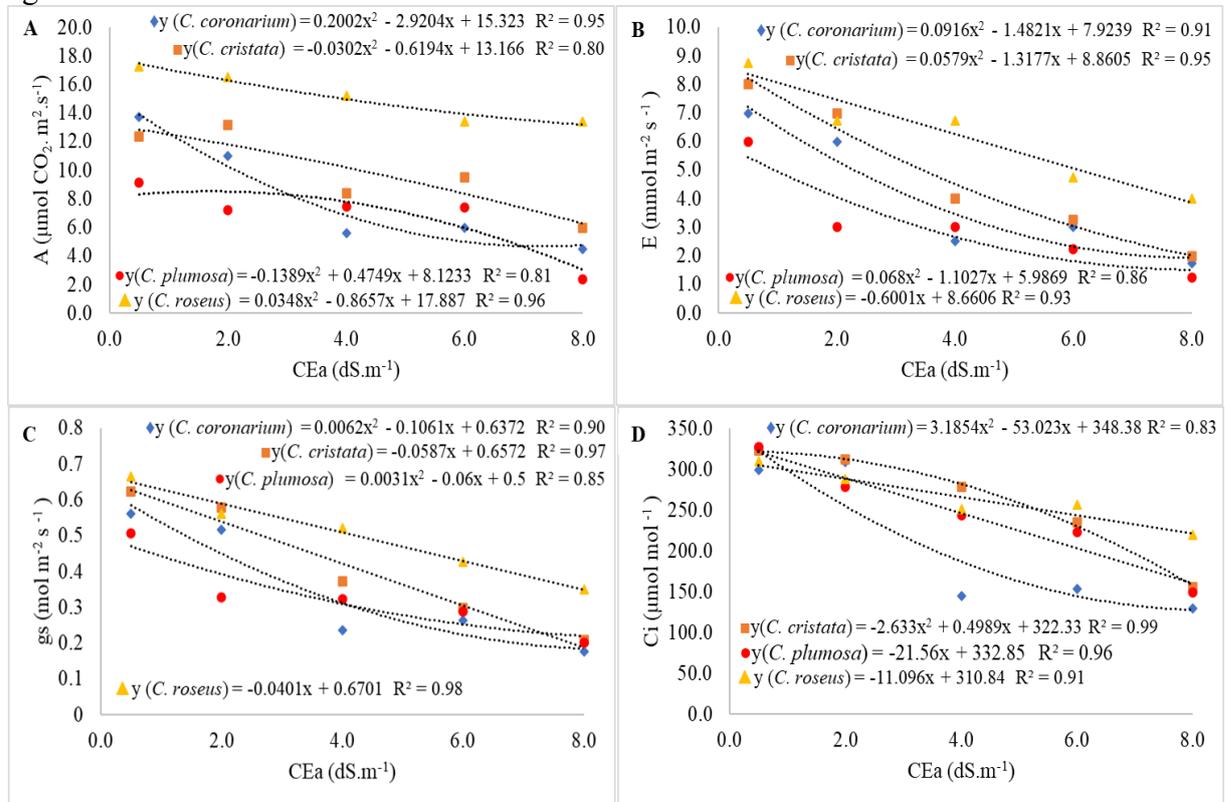
Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ns não significativo ($p \geq 0,05$). Dados transformados em \sqrt{x} .

A clorofila é o principal agente na captação da energia luminosa utilizada na fotossíntese, contudo, sob estresse salino, este pigmento pode ser degradado. Por conta disso, verifica-se muitas vezes que plantas sob tal estresse apresentam reduções nas taxas fotossintéticas. No caso da espécie *C. roseus*, apesar dos efeitos da salinidade, verificou-se que esta apresentou médias significativamente superiores para todas as variáveis, inclusive a fotossíntese líquida (Tabela 11). Estes resultados estão de acordo com o índice relativo de clorofila apresentado anteriormente (Figuras 9 e 12), no qual essa espécie também apresentou resultados superiores às demais. *In situ*, observou-se que, mesmo com a redução no tamanho e o atraso na produção de flores em algumas plantas com o aumento da salinidade, a *C. roseus* manteve a coloração verde de suas folhas e um porte que pode ter favorecido a interceptação da luz e CO₂. A expressão de médias mais altas para *E* e *g_s*, sugerem que a *C. roseus* também pode ter apresentado um melhor ajustamento osmótico através do acúmulo de íons inorgânicos e solutos orgânicos nas células, baixando o potencial hídrico celular para continuar a absorção de água e manter transpiração e condutância estomática (TAIZ; ZAIGER, 2004; SACRAMENTO *et al.*, 2014).

As espécies *C. coronarium*, *C. cristata* e *C. plumosa* formaram um grupo com maiores limitações nas variáveis de trocas gasosas. Estas espécies não diferiram estatisticamente entre si para as médias de fotossíntese e eficiência instantânea de carboxilação. Contudo, para transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂, as três espécies acima apresentaram diferentes graus de inibição.

A figura 18 mostra os efeitos da crescente salinidade da água de irrigação sobre as taxas de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂ das quatro espécies do estudo.

Figura 18 - Fotossíntese - A (A), transpiração - E (B), condutância estomática - g_s (C) e concentração interna de CO_2 - C_i (D) de plantas ornamentais herbáceas tropicais irrigadas com águas salinas.



Fonte: Elaborada pela autora.

Após 37 dias de exposição ao estresse, verificou-se que a salinidade reduziu as taxas fotossintéticas das espécies do estudo e essas reduções seguiram um modelo quadrático (Figura 18A). A cada incremento unitário na CEa (dS.m^{-1}), a fotossíntese reduziu 0,40; 0,06; 0,28 e 0,07 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ respectivamente nas plantas de *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. Roseus*, respectivamente. Comparando os extremos dos tratamentos do estudo, a espécie cuja taxa fotossintética apresentou maior queda foi a *C. plumosa*, com uma redução relativa de 74,04%. As espécies *C. coronarium* e *C. cristata* por sua vez, apresentaram reduções relativas de 67,30 e 51,69%. As plantas de *C. roseus* tiveram a redução mais amena, de 22,35%, quando comparadas entre os tratamentos de 0,5 e 8,0 dS.m^{-1} .

As demais variáveis seguiram a mesma tendência da taxa fotossintética. A transpiração das espécies apresentou reduções de 0,18; 0,12; 0,14 e 0,60 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, a cada aumento de 1,0 dS.m^{-1} na CE da água de irrigação (Figura 18B). A crescente salinidade dos tratamentos até 8,0 dS.m^{-1} provocou reduções relativas de 75% nas espécies *C. coronarium* e *C. cristata*, 79,17% em *C. plumosa*, e 54,29% em *C. roseus* em relação ao tratamento controle.

Foram observadas limitações na condutância estomática por incremento unitário na

CEa de 0,012; 0,059; 0,006 e 0,040 mol.m⁻².s⁻¹ nas plantas de *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente (Figura 18C). Nestas espécies, na mesma ordem, a salinidade de 8,0 dS.m⁻¹ reduziu a condutância estomática das plantas em 68,62; 66,75; 60,42 e 47,56% comparado com as plantas irrigadas com a água controle de 0.5 dS.m⁻¹.

Acompanhando as limitações estomáticas provocadas pela salinidade, a concentração interna de CO₂ apresentou reduções de 6,37; 2,27; 21,56 e 11,09 µmol.mol⁻¹ por incremento unitário na CEa das espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, respectivamente (Figura 18D). Comparando a condutância estomática entre os tratamentos de menor e maior salinidade, verificou-se uma queda de 56,47% em *C. coronarium*, 52,97% em *C. cristata*, 54,35% em *C. plumosa* e 29,11% em *C. roseus*.

Os efeitos da salinidade sobre a fotossíntese podem estar relacionados aos efeitos estomáticos, como sugerem as reduções na condutância estomática e transpiração das plantas. O déficit hídrico provocado pela salinidade induz ao fechamento estomático, reduzindo assim a perda de água pelas folhas na transpiração e restringindo a entrada de CO₂ nestes órgãos, ocasionando o declínio na fotossíntese líquida. O fechamento estomático por sua vez, é uma das primeiras respostas adaptativas das plantas ao estresse salino para evitar a perda de água em excesso (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; GOMES *et al.*, 2011).

4.6 Tolerância à salinidade

O método para classificação proposto por Fageria (1985) evidencia as reduções nas variáveis estudadas assim como a tolerância para cada nível salino do estudo, podendo ser aplicado para o mesmo conjunto de variáveis. Na Tabela 12, são apresentados os percentuais de redução relativa aplicados aos dados de crescimento, fotossíntese e produção de biomassa da parte aérea das espécies *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*. Os resultados serão apresentados considerando a BSPA como a variável de referência.

Tabela 12 - Redução da produção de biomassa seca da parte aérea- BSPA, fotossíntese, altura e classificação quanto à tolerância a salinidade de *C. coronarium*, *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, obtida através dos modelos de regressão, conforme metodologia adaptada de Fageria (1985).

Variáveis	Redução da produção (%)			
	Salinidade da água de irrigação (dS.m ⁻¹)			
	2,0	4,0	6,0	8,0
<i>Chrysanthemum coronarium</i>				
BSPA	22,09 ^{MT}	51,54 ^{MS}	80,98 ^S	89,56 ^S
Fotossíntese	26,09 ^{MT}	50,80 ^{MS}	64,01 ^S	65,69 ^S
Altura	21,41 ^{MT}	49,97 ^{MS}	78,52 ^S	92,93 ^S
Redução média	23,20 ^{MT}	50,77 ^{MS}	74,50 ^S	82,73 ^S
<i>Celosia cristata</i>				
BSPA	18,19 ^T	42,44 ^{MS}	66,68 ^S	90,93 ^S
Fotossíntese	8,11 ^T	20,57 ^{MT}	34,92 ^{MT}	51,14 ^{MS}
Altura	16,29 ^T	38,02 ^{MT}	59,75 ^{MS}	81,48 ^S
Redução média	14,20 ^T	33,67 ^{MT}	53,78 ^{MS}	74,52 ^S
<i>Celosia plumosa</i>				
BSPA	15,73 ^T	36,69 ^{MT}	57,67 ^{MS}	78,64 ^S
Fotossíntese	0 ^T	6,31 ^T	28,27 ^{MT}	63,57 ^S
Altura	12,55 ^T	29,29 ^{MT}	46,03 ^{MS}	62,77 ^S
Redução média	9,43 ^T	24,10 ^{MT}	43,99 ^{MS}	68,33 ^S
<i>Catharanthus roseus</i>				
BSPA	16,81 ^T	39,22 ^{MT}	61,63 ^S	84,04 ^S
Fotossíntese	6,69 ^T	14,21 ^T	20,14 ^{MT}	24,48 ^{MT}
Altura	16,99 ^T	39,65 ^{MT}	62,30 ^S	84,96 ^S
Redução média	13,50 ^T	31,03 ^{MT}	48,02 ^{MS}	64,49 ^S

Fonte: elaborada pela autora. S – Sensível; MS – Moderadamente sensível; MT – Moderadamente tolerante; T – Tolerante; Classificação de tolerância à salinidade segundo Fageria (1985).

A espécie *C. coronarium* apresentou reduções na BSPA acima de 20% ao nível de 2,0 dS.m⁻¹ e, considerando as demais variáveis na classificação, esta espécie foi moderadamente tolerante. Desde o tratamento de 4,0 dS.m⁻¹, observa-se moderada sensibilidade em todas. Acima de 2,0 dS.m⁻¹, as reduções foram tão acentuadas que não é recomendável o cultivo de

plantas desta espécie sob irrigação com águas acima de CE 2,0 dS.m⁻¹.

A espécie *C. cristata* apresentou o limite de tolerância de 2,0 dS.m⁻¹ para a BSPA. Sob 4,0 dS.m⁻¹, verificou-se que a salinidade provocou reduções de modo geral, mas afetou mais acentuadamente a BSPA. Com o incremento da salinidade nos níveis 6,0 e 8,0 dS.m⁻¹ e as crescentes reduções nas variáveis, houve uma redução gradual na classificação da tolerância desta espécie pelo método proposto por Fageria (1985). Estes resultados diferem daqueles obtidos por Carter *et al.* (2005), os quais estudando a produção de cultivares de *Celosia argentea* var. *cristata* irrigadas com águas salinas, afirmaram ser possível produzi-las comercialmente em salinidades entre 8,0 e 12,0 dS.m⁻¹, diferenças essas que podem ser justificadas parcialmente pelos diferentes materiais genéticos do estudo, segundo os autores.

A BSPA das plantas de *C. plumosa* apresentou tolerância moderada até o nível de 4,0 dS.m⁻¹. Tomando as variáveis em geral com base na redução média, a espécie pode ser classificada como moderadamente tolerante até 4,0 dS.m⁻¹. Resultados superiores a esses foram obtidos por Bezerra (2019), que estudando a produção de mudas de *Celosia argentea* var. *plumosa*, obteve o limite de tolerância de 3,5 dS.m⁻¹ para a BSPA. Nota-se na Tabela 13 que, para a *C. plumosa*, as variáveis mais susceptíveis em um mesmo nível salino foram BSPA e altura, divergindo da classificação de tolerância da fotossíntese.

A espécie *C. roseus* também apresentou limite de tolerância de 2,0 dS.m⁻¹ e tolerância moderada até 4,0 dS.m⁻¹ para a BSPA. Resultados semelhantes foram obtidos por Bezerra (2019), o qual afirmou que o limite de tolerância para a BSPA de mudas de *Catharanthus roseus* irrigadas com águas salinas foi de 3,0 dS.m⁻¹, porém, pequenas reduções na biomassa da parte aérea, já se iniciaram na salinidade de 1,5 dS.m⁻¹. Oliveira (2017), em estudo sobre os efeitos da salinidade sobre *Catharanthus roseus* na fase de estabelecimento de plantas, verificou o limite de 2,0 dS.m⁻¹ para a BSPA.

Na Tabela 13 estão expressas as percentagens de sobrevivência das plantas ao final do experimento para cada tratamento salino. Verifica-se que até 4,0 dS.m⁻¹, as espécies *C. plumosa*, *C. cristata* e *C. roseus* apresentaram alta sobrevivência, com 100 e 91,67% para as duas últimas, respectivamente. Até 8,0 dS.m⁻¹, a espécie *C. plumosa* manteve boas percentagens de sobrevivência, embora tenha apresentado limitações no seu crescimento. As espécies *C. roseus* e *C. cristata* tiveram crescente mortalidade com o aumento da salinidade e, aos 8,0 dS.m⁻¹, o percentual de plantas mortas chegou à 25 e 58,33%, respectivamente. As plantas de *C. coronarium* mostraram-se mais sensíveis aos tratamentos salinos, com baixa sobrevivência desde a salinidade de 4,0 dS.m⁻¹, e 83,3% de plantas vivas sob o nível de 2,0 dS.m⁻¹.

Tabela 13 - Percentagem de plantas ornamentais herbáceas tropicais vivas ao final do experimento, em função do cultivo sob irrigação com águas salinas.

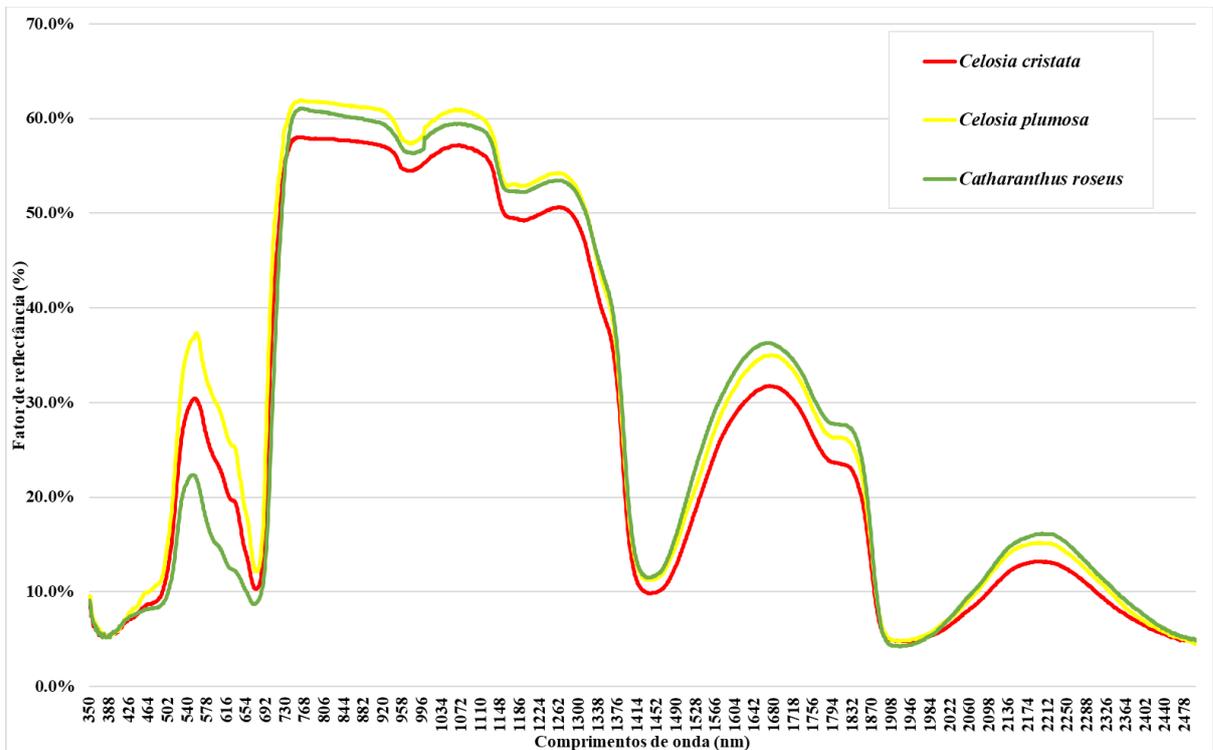
Espécies	Plantas vivas ao final do experimento (%)				
	Salinidade da água de irrigação (CEa dS.m ⁻¹)				
	0.5	2.0	4.0	6.0	8.0
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	100	83.3	25	25	8.33
<i>Celosia cristata</i>	100	100	91.67	66.67	41.67
<i>Celosia plumosa</i>	100	100	100	83.33	91.67
<i>Catharanthus roseus</i>	100	100	91.67	83.33	75

Fonte: Elaborada pela autora.

4.7 Teores de minerais (Na e K) e Respostas espectrais

Os resultados obtidos das análises espectrais geraram considerações importantes. A seguir, são apresentados os fatores de reflectância (FR) observados em laboratório que representam as três espécies de plantas ornamentais avaliadas (Figura 19). Este gráfico foi construído a partir dos valores medianos de todas as leituras de cada espécie e demonstra as particularidades espectrais que cada uma representa.

Figura 19 – Fatores de reflectância medianos das amostras foliares das três espécies analisadas.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os padrões espectrais sobre a região do visível ocorrem devido as características biofísicas proporcionadas pelos pigmentos encontrados nos cloroplastos, que correspondem a uma proporção de 65% de clorofila, 6% de carotenoides e 29% de xantofilas, podendo mudar conforme a espécie estudada.

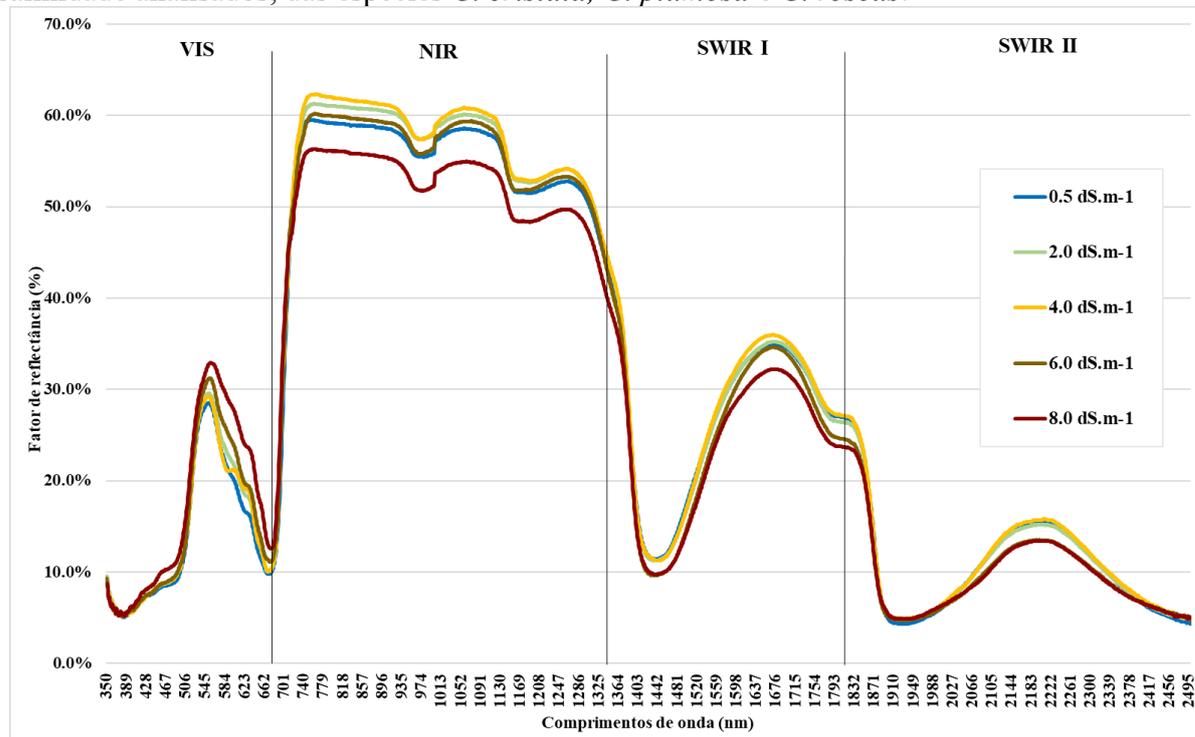
Na região do espectro visível (350 nm - 710 nm) há um predomínio de maiores fatores de reflectância na zona correspondente ao verde (próximo a 550 nm) (GITELSON; MERZYLYAK, 1996). Este comportamento indica que quanto maiores os FR nesta zona, mais esverdeada é a espécie. Por esta razão, a clorofila é chamada de “o pigmento verde”. Segundo Ponzoni *et al.* (2012), de um modo geral, os pigmentos fotossintetizantes são responsáveis pelo padrão predominante na região visível, refletindo a energia incidente em torno de 550 nm e absorvendo a radiação eletromagnética na região do azul (490 nm) e na região do vermelho (670 nm). Este padrão varia em função da maior ou menor quantidade de Clorofila-a, importante mantenedora das funções bioquímicas das plantas (GITELSON *et al.*, 2003).

A forte relevância dos comprimentos de onda entre 600 nm e 650 nm no gênero *Celosia*, sugere que mais tons amarelados e alaranjados balanceiam este esverdeamento, sendo visivelmente mais claros que folhas da *C. roseus*, que tem menor FR. Comparações entre as atividades fotossintéticas, portanto, só são pertinentes entre amostras foliares de uma mesma espécie, onde a concentração de pigmentos fotossintetizantes varia unicamente por efeito dos tratamentos aplicados ou fatores abióticos ocasionais (estresses indesejados no experimento).

Já quando o nível de estresse salino é destaque das comparações, observa-se que os tratamentos foram espectralmente diferenciáveis, principalmente nas regiões de maiores reflectâncias. O tratamento controle (0.5 dS.m^{-1}) apresentou menores níveis de amarelecimento (entre 600 nm e 650 nm) e uma disposição celular no tecido similar aos demais níveis de salinidade, o maior nível de estresse salino (8.0 dS.m^{-1}). Isto demonstra uma menor absorção e sugere que desencadeou os maiores tons amarelados nas plantas, possivelmente em decorrência da queda na atividade fotossintética, e uma pior configuração de células no mesófilo foliar.

De acordo com Heege *et al.* (2008), os comprimentos de onda no infravermelho próximo (NIR) são as regiões que identificam se as células são mais ou menos densas ao logo da folha estudada. Menores FR (8.0 dS.m^{-1}) sugerem baixa dispersão da energia eletromagnética, ou seja, as células estariam em menor número.

Figura 20 – Fatores de reflectância medianos das amostras foliares dos cinco níveis de salinidade analisados, das espécies *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*.

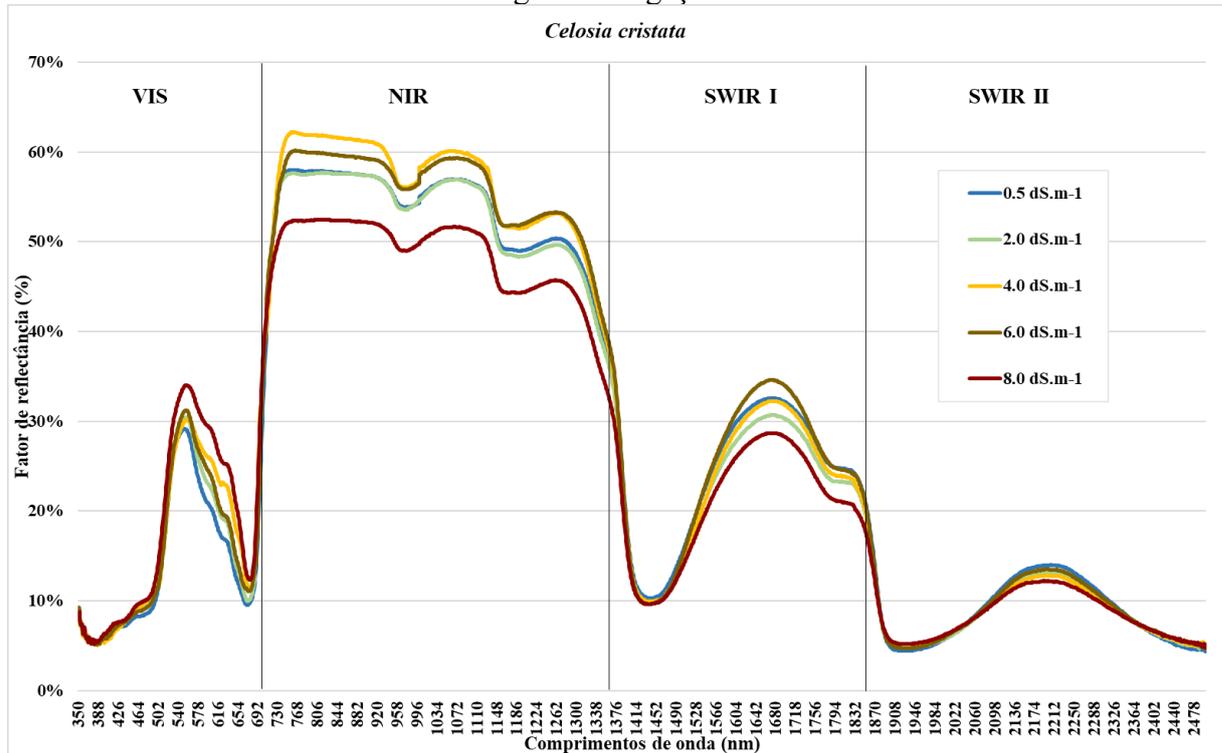


Fonte: elaborada pela autora. Visível (*Visible*-VIS), infravermelho próximo (*Near infrared* - NIR) e infravermelho de ondas curtas (*Short wavelength infrared* - SWIR I e II).

Outro ponto importante nesta análise é que a distância vertical observada entre o vale de absorção na região do vermelho (aos 670 nm) e o pico de reflectância no NIR (aos 750 nm) é menor aos 8.0 dS.m⁻¹. Uma menor absorção nos indivíduos deste tratamento também é observada aos 490 nm (azul). Esta região, normalmente é associada à presença de xantofilas, que atuam na dissipação de calor dentro dos tecidos foliares (CUNNINGHAM; GANTT, 1998). Menores níveis de clorofila-a e clorofila-b também são sugeridos por estes resultados espectrais.

Analisando cada espécie de plantas individualmente, verificou-se modificações mais específicas. Para as plantas da espécie *C. cristata* (Figura 21), na região do visível (VIS) foi notório que o amarelecimento das folhas seguiu um padrão crescente, proporcional a maior quantidade de sais que as plantas estavam submetidas. Este mesmo padrão foi observado aos 670 nm que representa a região do vermelho. Quanto mais profundo é este vale – isto é, menores os valores de FR – maior é a presença de clorofilas a e b disponíveis para fotossíntese. Além disto, foi possível sugerir que não foi detectado nenhuma diferença nas concentrações de água no interior das células das amostras de todos os tratamentos pois, de acordo com Girard e Girard (2003), maiores umidades se manifestam por maiores profundidades no SWIR I e II, principalmente nos vales de absorção aos 1450 nm e 1900 nm.

Figura 21 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de *Celosia cristata*, sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.



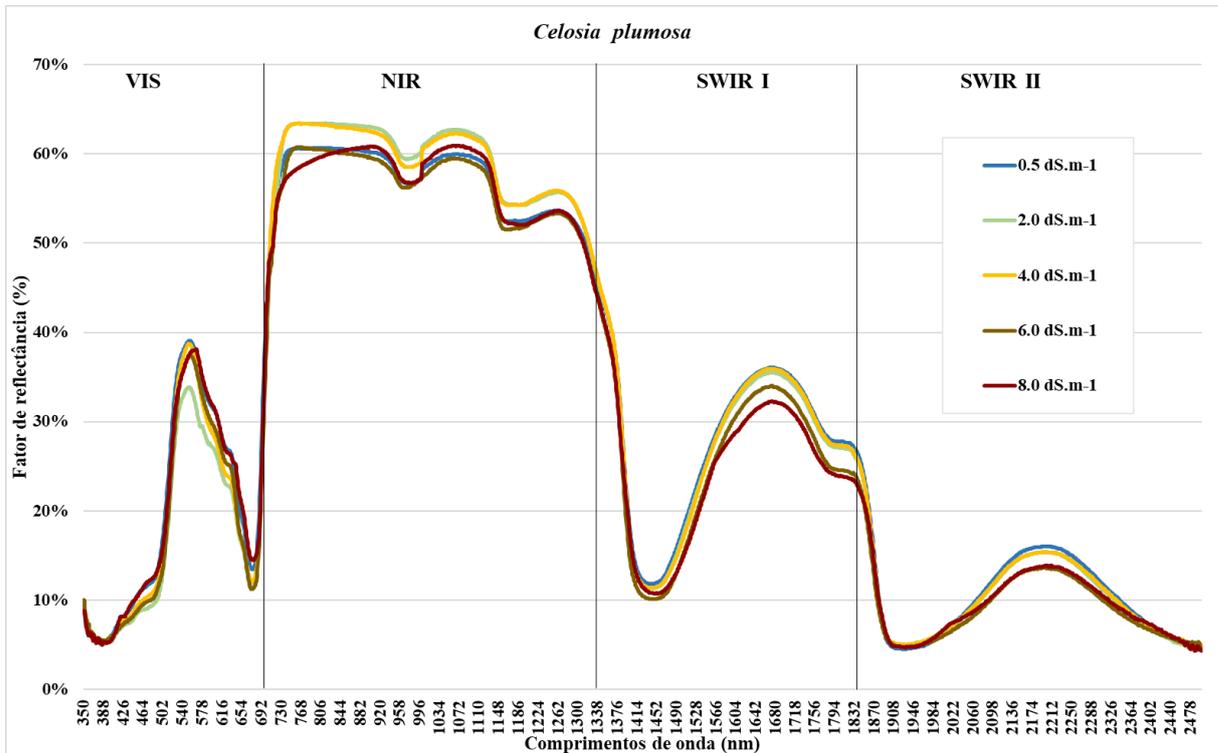
Fonte: elaborada pela autora. Visível (*Visible*-VIS), infravermelho próximo (*Near infrared* - NIR) e infravermelho de ondas curtas (*Short wavelength infrared* - SWIR I e II).

Analisando o comportamento espectral da *C. plumosa* (Figura 22) frente aos diferentes níveis de estresse salino, concluiu-se que para esta espécie, o sal também foi um parâmetro opticamente ativo, uma vez que desencadeou modificações espectrais. No entanto, a particularidade desta espécie é que houve um aspecto predominantemente esverdeado nas amostras foliares do tratamento com 2.0 dS.m⁻¹, enquanto concentrações de inferiores e superiores a este valor resultaram em maior amarelecimento das folhas.

Mais uma vez, a maior concentração de sais na água de irrigação desencadeou menor performance vegetativa das plantas. A menor profundidade aos 670 nm e menor pico de reflectância aos 750 nm, demonstra o baixo desempenho destas folhas em assegurar suas atividades fisiológicas (LICHTENTHALER, 1987).

O pico de reflectância em torno dos 1650 nm, novamente se apresentou para esta espécie com menores níveis de amidos, óleos e açúcares para a máxima concentração de sais uma vez que, segundo Jensen (2011), estas concentrações são sensíveis e diretamente proporcionais aos FR observados neste ponto do espectro.

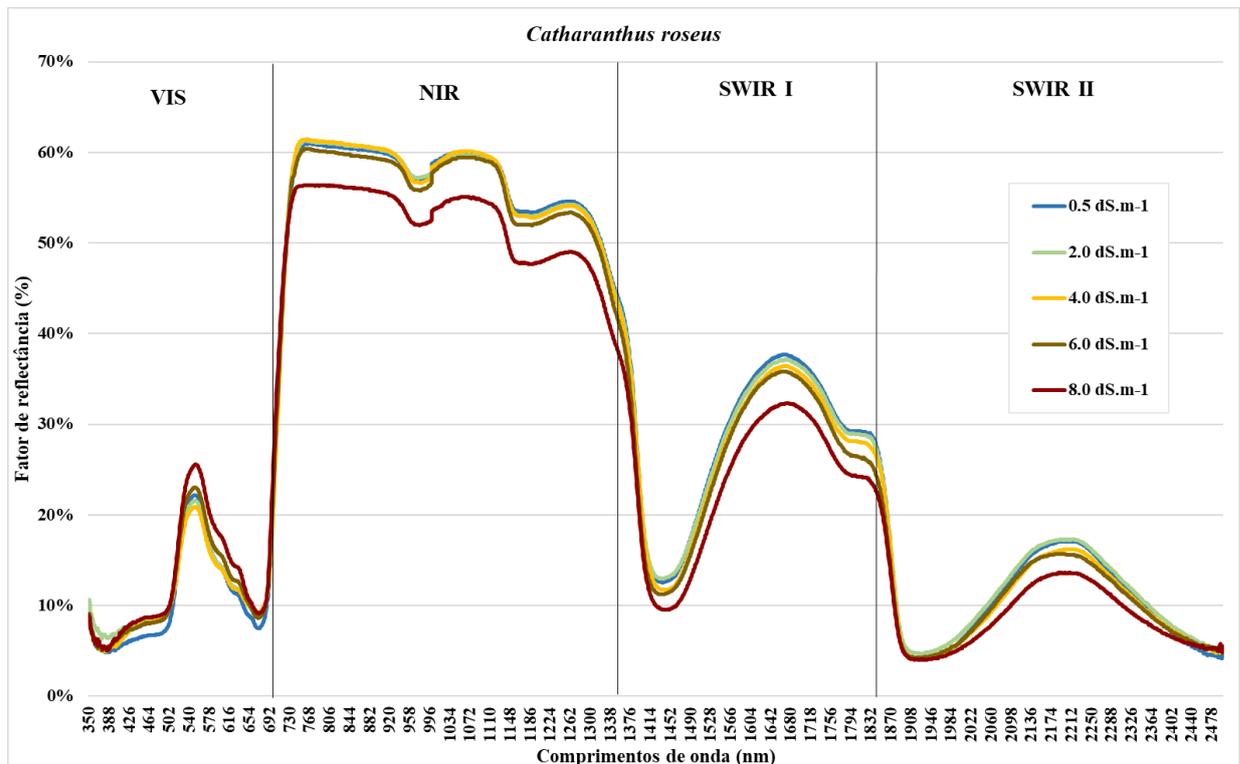
Figura 22 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de *Celosia plumosa*, sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.



Fonte: elaborada pela autora. Visível (*Visible*-VIS), infravermelho próximo (*Near infrared* - NIR) e infravermelho de ondas curtas (*Short wavelength infrared* - SWIR I e II).

Para a espécie *C. roseus* (Figura 23), ficou evidente que a menor concentração de sal na condução da cultura produziu os melhores padrões espectrais dentre os tratamentos avaliados, haja vista que na região visível os vales de absorção aos 490 nm e aos 670 nm foram os mais profundos. Este fato caracteriza melhor potencial fotossintético destas folhas. Em se tratando da estrutura celular, estas mesmas folhas apresentaram um nível elevado de FR no infravermelho próximo (NIR). Os piores valores de fotossíntese foram observados para as salinidades de 6.0 dS.m⁻¹ e 8.0 dS.m⁻¹, sendo este último o menos indicado para o vigor das plantas ornamentais.

Figura 23 – Fatores de reflectância medianos entre as amostras foliares de *Catharanthus roseus*, sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação.



Fonte: elaborada pela autora. Visível (*Visible-VIS*), infravermelho próximo (*Near infrared - NIR*) e infravermelho de ondas curtas (*Short wavelength infrared - SWIR I e II*).

Entende-se que, para estas três espécies, os sais foram um parâmetro opticamente ativo para as plantas, uma vez que desencadeou modificações nas curvas espectrais que se tornam mais relevantes ainda na região visível, uma vez que o fim comercial destas culturas é a aparência. Portanto, apresentar níveis satisfatórios de ornamentação mesmo quando sejam submetidas a níveis críticos de salinidade configuraria uma opção produtiva promissora e uma atividade agrícola. Baseando-se apenas nos dados espectrais, não foi possível detectar diferenças entre os níveis de umidade foliar nestas três espécies.

4.7.1 Teores de Na e K foliares

Em virtude da baixa sobrevivência da espécie *Chrysanthemum coronarium* nas salinidades acima de $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$, não foram avaliados os teores de sódio e potássio foliares desta espécie. Nas demais espécies, a análise de variância evidenciou o efeito significativo da Salinidade e das Espécies, isoladamente, sobre os teores foliares de sódio e potássio (Tabela 14). Observou-se uma concentração maior desses elementos nas folhas das espécies *C. cristata*

e *C. plumosa*, respectivamente. Em ambas as espécies, também se verificou que, em média, os teores de K foram superiores aos de Na (Tabela 14).

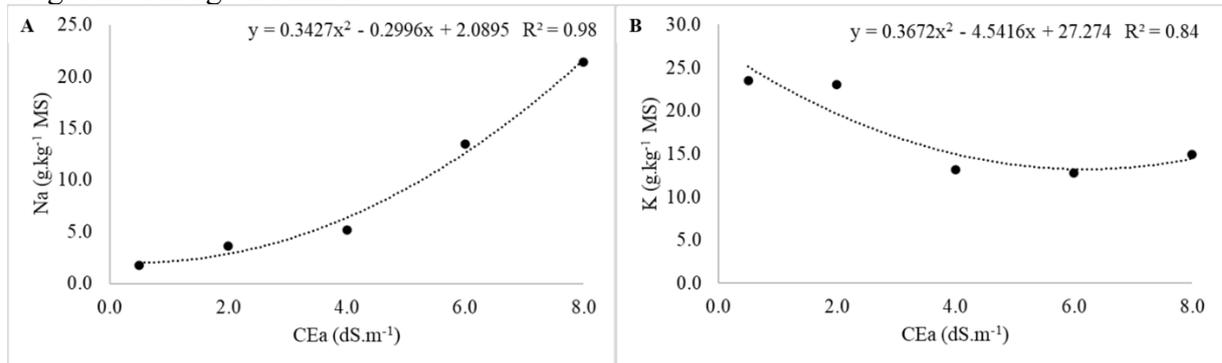
Tabela 14 - Resumo da análise de variância e teste de Tukey para Espécies, referentes às concentrações de sódio e potássio foliares de *Celosia cristata*, *Celosia plumosa* e *Catharanthus roseus* sob estresse salino.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Na ^a	K ^b
Bloco	3	0,03 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Salinidade (S)	4	2,25 ^{**}	4,63 ^{**}
Resíduo S	12	0,03	0,76
Espécie (E)	2	0,18 [*]	10,48 ^{**}
Interação SxE	8	0,07 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Resíduo E	28	0,04	0,52
Total	57		
CV (%) – S		24,41	21,55
CV (%) – E		26,43	17,87
<i>Celosia cristata</i>		9,79 a	22,57 a
<i>Celosia plumosa</i>		9,17 ab	18,83 a
<i>Catharanthus roseus</i>		8,33 b	11,07 b

Fonte: elaborada pela autora. **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ^aDados transformados em $\text{Log}(X)$; ^bDados transformados em \sqrt{x} .

A crescente salinidade da água de irrigação provocou o aumento do teor de sódio foliares em todas as espécies, e o modelo que melhor demonstra isso é o quadrático (Figura 24A). Observou-se um aumento de 0,685 g de Na.kg⁻¹ de matéria seca foliar a cada incremento unitário na CEa. Os teores de potássio, porém, foram afetados negativamente pela salinidade (Figura 24B), com reduções de 0,734 g de K. kg⁻¹ de matéria seca. Comparando os extremos dos tratamentos, a concentração de sódio foliar elevou-se 91,64% e a de potássio reduziu-se em 45,55%.

Figura 24 - Teores de sódio (A) e potássio (B) foliares de *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus*, irrigadas com águas salinas.



Fonte: Elaborada pela autora.

O uso de águas salinas na irrigação pode provocar um acúmulo excessivo de Na^+ no ambiente radicular, provocando danos à integridade da membrana e favorecendo o acúmulo do íon no interior da célula. Este acúmulo é associado ao distúrbio na absorção de K^+ , na toxicidade iônica no citoplasma e na redução do crescimento da planta (MENDES *et al.*, 2011). O comportamento antagônico do sódio e potássio se deve à competição destes elementos pelos sítios de absorção no plasmalema, em função de suas monovalências (FERREIRA; TÁVORA; HERNANDEZ, 2001). Na forma iônica, estes elementos podem ser transportados pelas mesmas proteínas, portanto, elevadas concentrações de Na^+ podem inibir a concentração de K^+ nas folhas (SHABALA, 2013).

O potássio é um dos elementos mais requeridos pelas plantas e suas funções envolvem o transporte de açúcares, ativação enzimática, regulação do potencial osmótico das células, transporte e uso da água e fotossíntese (TAIZ; ZAIGER, 2013). Como um importante ativador enzimático, o K^+ não pode ser substituído pelo Na^+ nesta função, podendo assim acarretar a inibição de diversos processos metabólicos essenciais (MENDES *et al.*, 2011).

4.7.2 Respostas espectrais X teores de Na e K foliares

Os dados de Sódio (Na^+) e Potássio (K^+) para cada amostra foram quantificados convencionalmente em laboratório e, em seguida, submetidos às análises de estatística descritiva (Tabela 15). Antes de desenvolver os modelos estatísticos quantitativos da concentração de Na^+ e K^+ , a normalidade destas concentrações foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0,05$).

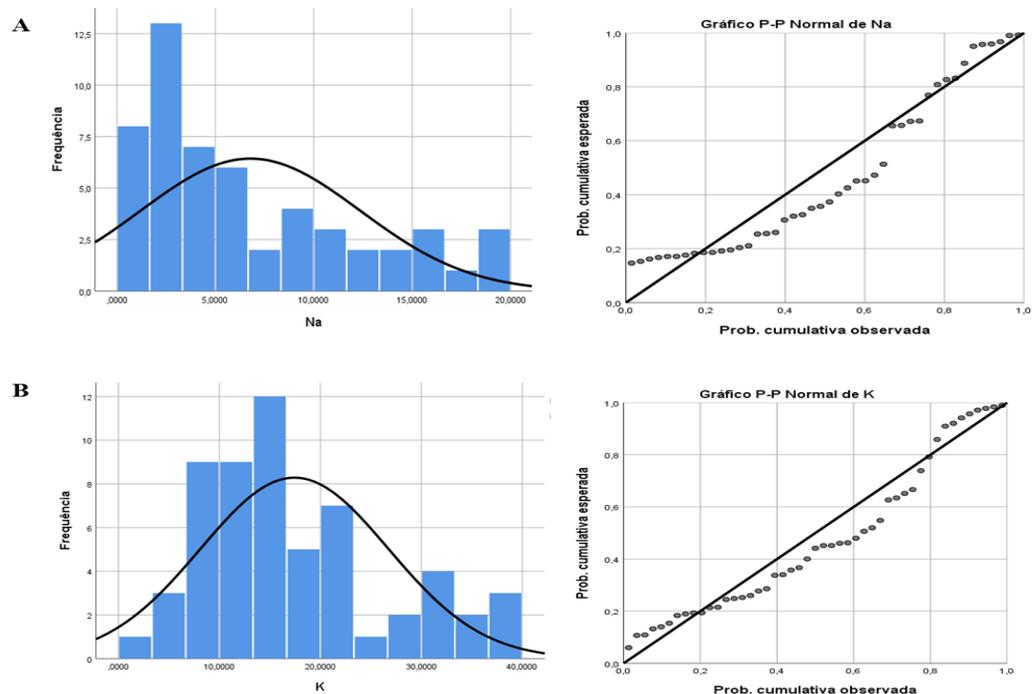
Tabela 15 – Estatística descritiva dos dados químicos foliares de Na e K.

Variáveis	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	N
	-----g kg de matéria seca. Planta ⁻¹ -----					
Na	6,78	4,81	5,58	0,91	19,95	54
K	17,44	16,13	9,31	3,00	38,69	58

Fonte: Elaborada pela autora.

Valores de desvio padrão inferiores à média já são bons indicadores de que os dados coletados apresentam distribuição normal. Segundo os valores dos testes, observaram-se significâncias superiores a 0.05, com 0.09 e 0.14 para Na⁺ e K⁺, respectivamente. O gráfico Normal de Probabilidade também foi apresentado para as concentrações mensuradas de Na e K (Figura 25), sendo observada uma tendência à aproximação entre as probabilidades esperadas e observadas.

Figura 25 – Histograma e curva normal de probabilidades para Na e K.



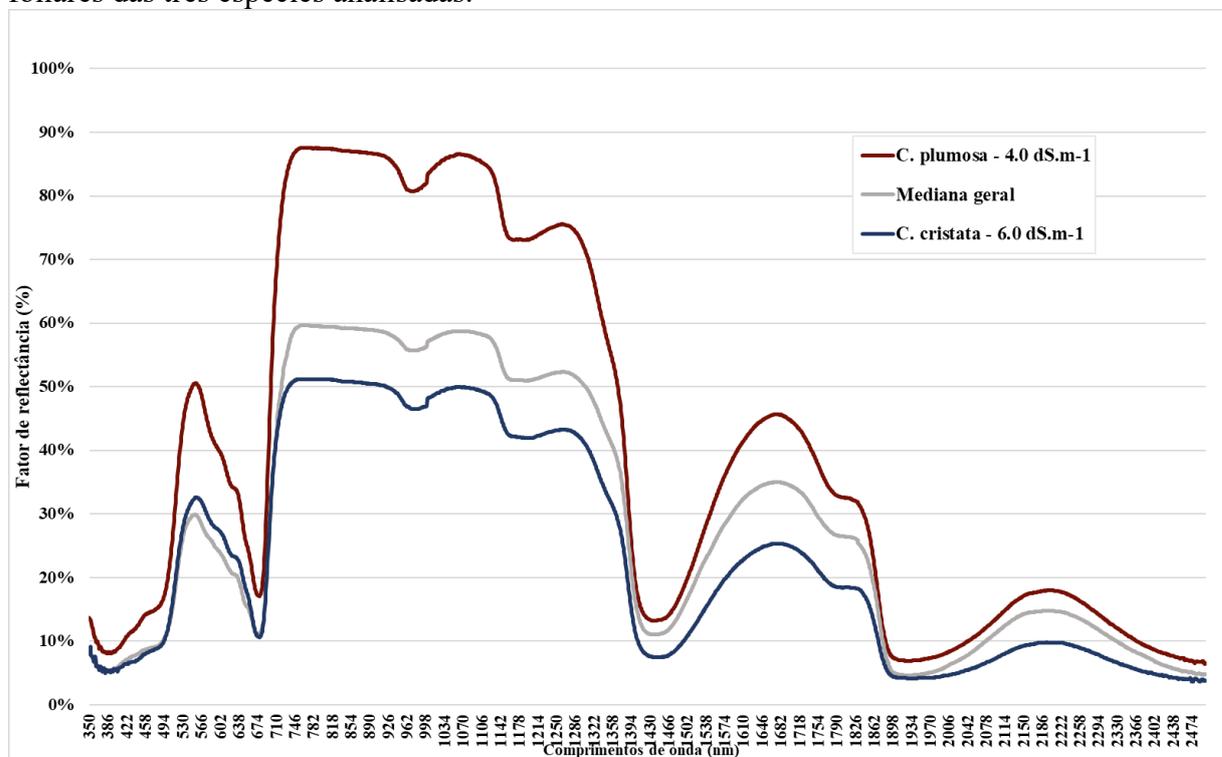
Fonte: Elaborada pela autora.

A investigação dos comprimentos de onda mais relevantes ao estudo seguiu a partir das seguintes estratégias: i) correlação de Pearson e ii) seleção de variáveis, pelo método *stepwise-forward*, aplicadas em modelos de regressão linear.

A associação entre os dados espectrais e as concentrações de ambos os elementos

estudados neste capítulo permitiram realçar os valores espectrais mínimos e máximos observados e sua concentração de Na^+ e K^+ correspondente. Observou-se que a planta com 8.13 g de Na . kg^{-1} de MS e 21.36 g de K . kg^{-1} de MS apresentou o perfil espectral com maior nível de absorção, ou seja, se mostrou como a amostra de menores FR em todos os comprimentos de onda. Em contrapartida, a amostra foliar que apresentou as maiores reflectâncias foi a amostra com 4.93 g de Na . kg^{-1} de MS e 11.26 g de K . kg^{-1} de MS (Figura 26). É válido ressaltar que foi observada interação entre espécie e níveis de estresse salino, uma vez que os perfis se destacaram de modo distinto, fora dos extremos de salinidade fornecida.

Figura 26 – Fatores de reflectância mínimos, máximos e medianos entre as todas as amostras foliares das três espécies analisadas.



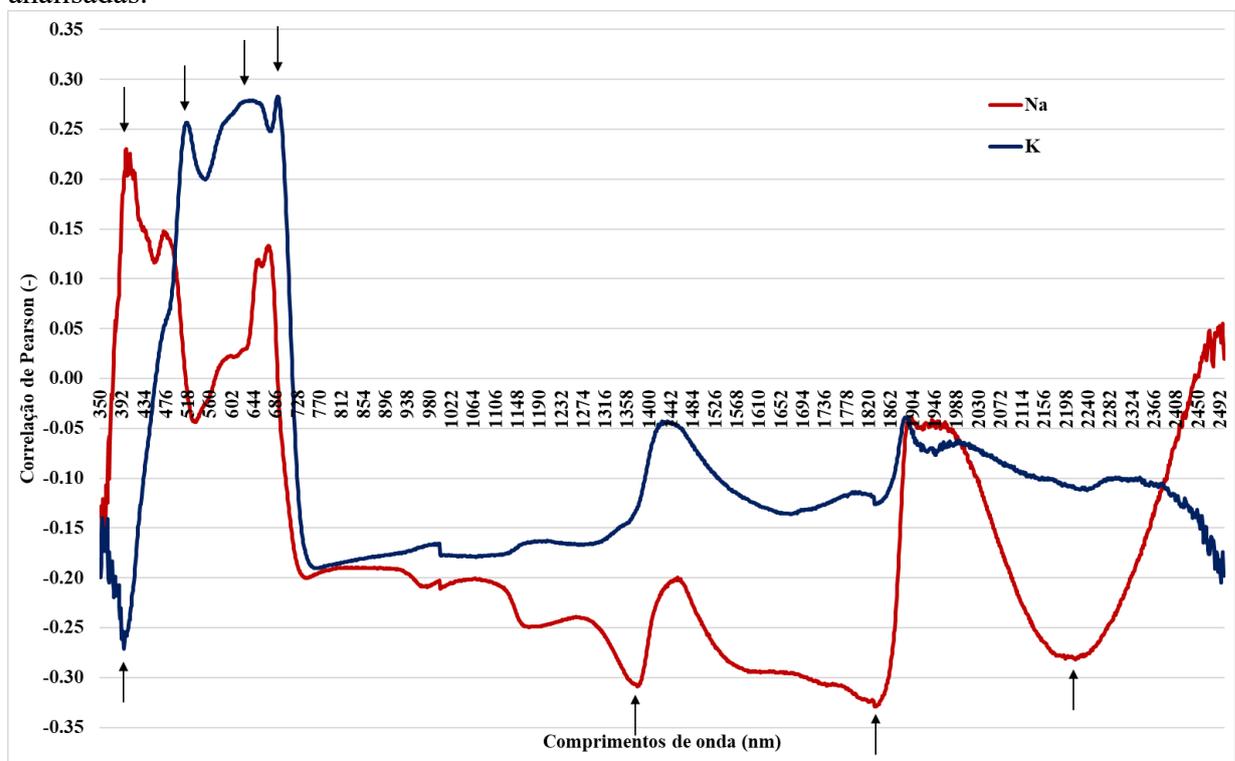
Fonte: Elaborada pela autora

Admitindo que os dados espectrais podem apresentar diferentes correlações com as concentrações de Na e K estudadas, aplicou-se o teste de correlação de Pearson (r), que varia de +1.0 a -1.0 e indica as maiores associações entre variáveis quando se aproxima de um destes extremos numéricos. Caso haja predominância de valores próximo a 0, entende-se que os dados são independentes, ou há pouca correlação entre eles. A forma como se dá esta influência é definida pelo sinal do coeficiente, onde valores positivos indicam correlação direta entre aquele comprimento de onda e a variável química; já um sinal negativo indica correlação inversa, ou seja, o decréscimo de concentrações químicas resultaria em maiores fatores de reflectância para

um dado comprimento de onda.

Na Figura 27, observa-se que, para as concentrações de K, os comprimentos de onda da região do visível (VIS) apresentaram-se mais importantes para uma caracterização da concentração de K. Isto ocorreu porque estes comprimentos foram os mais sensíveis às diferenças de K na folha e que estas oscilações são predominantemente manifestas na região entre 350 nm e 700 nm. E importante salientar que as melhores correlações observadas (acima de $|0.25|$) são categorizadas por Mukaka (2012) como correlações fracas.

Figura 27 – Correlograma entre os fatores de reflectância nas amostras foliares das três espécies analisadas.



Fonte: Elaborada pela autora

No início desta faixa, correlações entre FR e a concentração de K na folha são inversamente proporcionais aos fatores de reflectância aos 400 nm. Já na transição entre azul (490 nm), verde (550 nm) e amarelo (630 nm) e na transição entre vermelho (670 nm) e infravermelho próximo (a partir de 730 nm) estas variações são diretamente proporcionais aos FR obtidos. Nas duas transições, estas associações com a concentração de K é plausível uma vez que estas ascendências tendem a ser mais verticalizadas quanto mais bem nutrida forem as plantas. No entanto, a relevância da região do amarelo para este elemento pode estar relacionada ao teor de carotenoides disponíveis nas amostras (GITELSON; KAUFMAN; MERZYLYAK, 1996).

Já quando o Na é o elemento a ser correlacionado registraram-se pontos específicos de maiores associações ao longo de todo o espectro eletromagnético. A região aos 400 nm novamente se destacou, desta vez, com potenciais correlações diretas. Os comprimentos de onda em torno do amarelo (650 nm) apresentaram maior relevância que os comprimentos em torno do verde (550 nm), sugerindo que o efeito dos sais é evidenciado pela maior intensidade de tons pálidos/amarelecidos expressados nas folhas frescas. O pico aos 730 nm (NIR) também parece ser associável a este elemento, mas os destaques estão situados aos 1350 nm e 1850 nm, admitindo valores r levemente superior a 0.30 (correlação fraca). Estas regiões são tipicamente associadas com o declínio acentuado de FR em direção às zonas de umidades (vales aos 1450 e 1950 nm). Esta inclinação, quando se mostra mais abrupta, pode ser indicador de maior presença de sódio na amostra (inversamente proporcional). Os FR em torno de 2200 nm também apresentaram possíveis associações com Na^+ .

Após exclusão de valores extremos (*outliers*), a tabulação das amostras com dados de reflectância, foram hierarquizados do menor ao maior, e extraídos 20% dos dados pareados (químicos + espectrais) para serem utilizados como dados inéditos durante a validação dos modelos estimativos. O conjunto de validação compreendeu 11 amostras aleatórias e os dados restantes foram empregados no método de seleção e construção dos modelos de regressão lineares. Os comprimentos de onda selecionados pelo método *Stepwise-forward* ao final da varredura foram apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Comprimentos de onda selecionados por ordem de relevância, por variável química.

Elemento	Comprimentos de onda selecionados (nm)
Na	389, 1916, 1921, 2467, 2474, 2489, 2491
K	377, 384, 391, 511, 390, 353

Fonte: Elaborada pela autora.

Estes comprimentos de onda se mostraram os mais importantes para representar as variações na concentração de Na e K nos tecidos estudados. Em coerência aos resultados de correlação, estes comprimentos pertencem às zonas anteriormente destacadas como é o caso de potássio na região visível. No entanto, houve uma predominância de comprimentos superiores a 1900 nm para explicar o sódio nestas plantas. Estes comprimentos são sensíveis a ruídos caso fossem coletados em campo aberto. Contudo, são aplicáveis a este estudo em virtude da qualidade da geometria de aquisição que considerou a sonda de contato *Hi-Bright*, dentro de uma sala escura.

Durante o processo de construção dos modelos, os fatores de reflectância destes

comprimentos de onda foram pareados e submetidos à regressão linear automática, onde a variável estimada seria a concentração do elemento (Na ou K) e as variáveis de entradas todos os comprimentos de onda selecionados. Os coeficientes obtidos permitiram a aplicação de modelos lineares em dados inéditos de validação (N=11) pelo somatório dos produtos entre os coeficientes e os FR correspondentes. Os resultados destes modelos são as estimativas de concentração que a folha apresentaria.

Tabela 17 - Modelos preditivos construídos na calibração e RMSE de validação.

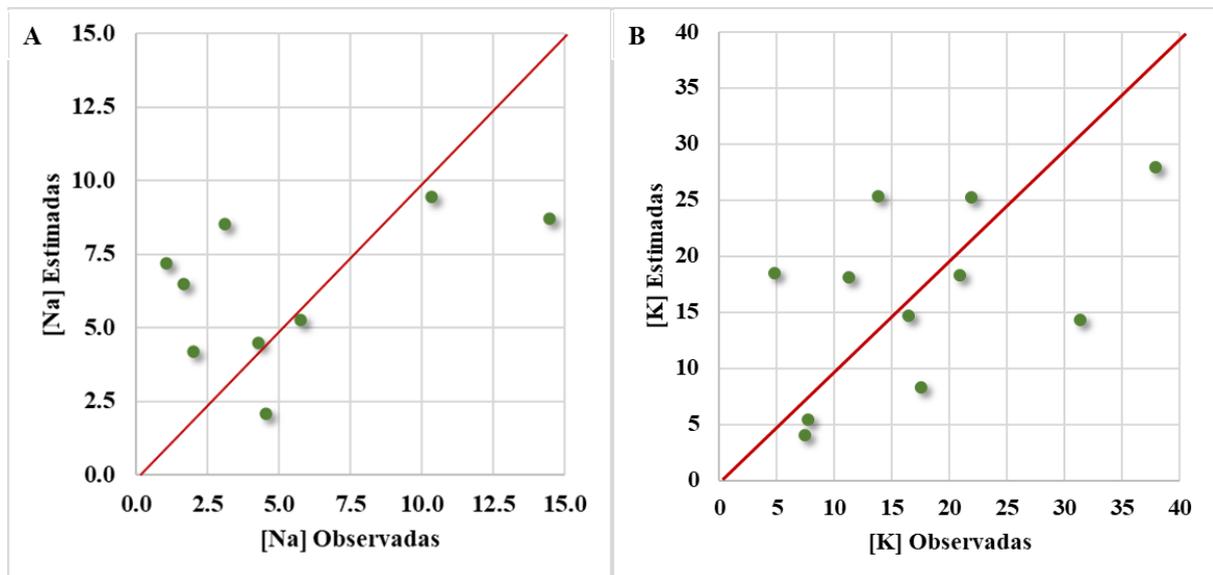
Elemento	Modelo Preditivo	RMSE _{valid} (g.kg ⁻¹ de MS)
[Na]	$9,071 + 59,44 * \rho_{389} + 638,2 * \rho_{1916} - 4876,2 * \rho_{1921} + 3992,56 * \rho_{1929} - 1680,35 * \rho_{2467} + 1384,64 * \rho_{2474} + 350,75 * \rho_{2489} + 127,3 * \rho_{2491}$	3,67
[K]	$33,18 - 1840,02 * \rho_{377} + 2975,74 * \rho_{384} - 3496,9 * \rho_{391} + 98,62 * \rho_{511} + 1956,27 * \rho_{390} - 0,503 * \rho_{353}$	8,93

Fonte: Elaborada pela autora.

Apesar dos desafios que os estudos espectrais em concentrações bioquímicas de elementos foliares apresentam, observou-se que as estimativas alcançaram níveis razoáveis de desvio durante a entrada de dados inéditos. *Root Mean Squared Error* -RMSE é uma métrica que expressa o desvio na mesma unidade das variáveis (g.kg⁻¹ de MS). Diante da maior amplitude de dados bioquímicos em K (Desvio Padrão = 9.31), estes valores foram razoáveis, sugerindo que tais comprimentos de onda são úteis na caracterização de Na e K nas espécies ornamentais analisadas.

A construção de um gráfico 1:1 (Linha Identidade) permitiu a comparação direta entre os dados reais observados no conjunto de dados de validação e os estimados a partir dos FR destas folhas. Para este tipo de gráfico, um modelo perfeito apresentaria pontos acima da Linha Identidade (estimados e observados seriam iguais). No entanto, na Figura 28, observou-se uma tendência nos modelos de sódio em superestimar resultados inferiores a 4 g de Na. kg⁻¹ MS e subestimar resultados superiores a este valor. Em contraste aos modelos de potássio que apresentam desvios mais dispersos ao longo de todo o intervalo de concentrações.

Figura 28 - Linha identidade para as concentrações de Na (A) e K (B), em g.kg^{-1} de MS.



Fonte: Elaborada pela autora.

Apesar de os modelos apresentarem ajustes pouco expressivos, os resultados obtidos ainda se mostram promissores. A necessidade de agrupar as repetições produziu um número limitado de amostras quantificadas quimicamente em laboratório e este pode ter sido um dos fatores relevantes para restringir a sensibilidade dos métodos. Além disso, trabalhos envolvendo Na e K com base na espectrorradiometria de reflectância são escassos na literatura.

Amaral *et al.* (2022) também obteve boas correlações entre as concentrações de potássio e a região do visível, no entanto, os modelos estimativos não foram satisfatórios. Axelsson *et al.* (2013) exploraram as possibilidades de estimar as concentrações de potássio e sódio, entre outros elementos, em manguezais usando dados hiperespectrais (450 nm–2490 nm), no entanto, revelaram resultados pouco promissores. Em contrapartida, estudos exitosos como os de Campelo (2018) sobre a cultura do milho podem ser citados, como o uso da técnica estatística PLSR (*Partial least squares regression*) na construção de modelos preditivos a partir de dados hiperespectrais para quantificação de Nitrogênio. Assim, é provável que a metodologia de estimativa seja suficiente para superar o desafio da sensibilidade de Na e K.

Aqui, utilizando apenas fatores de reflectâncias, já foi possível investigar a sensibilidades dos principais comprimentos de onda para Na e K nas três espécies ornamentais analisadas. Como trabalhos futuros, estas análises podem ser mais aprofundadas pela aplicação de técnicas matemáticas de transformação das variáveis de entrada (FR) combinadas a métodos de seleção mais eficazes e modelos preditivos mais robustos. Possivelmente, as estimativas

alcançarão performances superiores, haja vista o potencial da investigação dos efeitos salinos via sensoriamento remoto.

5 CONCLUSÕES

A variabilidade genética das plantas, assim como a duração do período de exposição ao estresse produziram respostas à salinidade variáveis entre as espécies, permitindo a identificação da tolerância relativa delas;

As respostas de crescimento e fisiológicas de todas as espécies foram afetadas negativamente pela salinidade, mas foram úteis para indicar que a espécie *Chrysanthemum coronarium* apresentou a menor capacidade de se desenvolver com irrigação salina acima de $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$, com sobrevivência de apenas 25% das plantas na salinidade de $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$. Por outro lado, a espécie *Celosia plumosa* apresentou bom potencial para desenvolvimento sob irrigação com água de até $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$, apresentando as maiores taxas de sobrevivência nos maiores níveis de salinidade;

O método proposto por Fageria (1985) permitiu separar os limites de tolerância das espécies, com *C. Coronarium* sendo moderadamente tolerante até $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$, e *C. cristata*, *C. roseus* e *C. Plumosa* até $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$, considerando-se a média de variáveis quantitativas;

A qualidade visual das plantas foi mantida até $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$ para a espécie *C. coronarium* e $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ para as espécies *C. cristata* e *C. plumosa* e *C. roseus*, mesmo com reduções moderadas na produção de biomassa;

As espécies *C. cristata*, *C. plumosa* e *C. roseus* foram espectralmente diferenciáveis. No entanto, quando se refere aos níveis de salinidade fornecido às três culturas, percebe-se que apenas o tratamento de $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$ foi facilmente diferenciável das demais curvas espectrais;

Os comprimentos de onda do visível foram os mais importantes para a caracterização da concentração de potássio nas três espécies analisadas. Dentre elas, a zona de transição entre o azul e o verde foi destaque com 353, 377, 384, 391 e 511 nm. Para o sódio, outras faixas também em transições íngremes de absorção ganharam destaque aos 1916, 1921, 1929 nm e 2467, 2474, 2489, 2491 nm;

As metodologias utilizadas para a construção de modelos estimativos não foram robustas o suficiente para garantir elevados níveis de aproximação. Contudo, acredita-se que o estresse salino pode ser melhor investigado pelo uso de técnicas de processamento mais avançadas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. B. C.; LOPES, B. F.; MAGALHÃES, A. C. M.; KUJAWA, S.; TANIGUCHI, C. A. K.; TEIXEIRA, A. S.; LACERDA, C. F.; QUEIROZ, T. R. .; ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, I. C. S.; NIEBDALA, G. Quantifying Nutrient Content in the Leaves of *Cowpea* Using Remote Sensing. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 458, 2022.
- ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.36, p.135-142, 2005.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, [s. l.], v. 7, n. 4, 2009.
- AXELSSON, C.; SKIDMORE, A. K.; SCHLERF, M.; FAUZI, A.; VERHOEF, W. Hyperspectral analysis of mangrove foliar chemistry using PLSR and support vector regression. **International Journal of Remote Sensing**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 1724-1743, 2013.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, Campina Grande, 2ed., 153 p., 1999.
- AZEVEDO, G.; TORTELLI, G. M.; VIEIRA, M. L. Diferentes níveis de retenção de água em substratos comerciais para uso agrícola. 2014. X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo Fatos e Mitos em Ciência do Solo Pelotas, RS - 15 a 17 de outubro de 2014.
- FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado). Campina Grande: UFPB. 1999. 153p.
- BARROS, H. M. M.; GHEYI, H. R.; LOGES, V.; SANTOS, M. S.; SOARES, F. A. L. Influência da salinidade da água no crescimento de seis genótipos de Helicônias. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Pernambuco, v. 16, n.2, p. 139-145, 2010.
- BARROSO, ANDRÉIA DE A. F.; GOMES, GERMANO E.; LIMA, ADRIANO E. DE O.; PALÁCIO, HELBA A. DE Q.; LIMA, CLEENE A. DE. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 588-593, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662011000600008>.
- BEZERRA, Francisco Mardones Servulo. **Produção de mudas de três espécies ornamentais sob irrigação com águas salinas**. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- BELTRÁN, Julián M. Integrated approach to address salinity problems in irrigated agriculture. . In: GHEYI, Hans Raj; DIAS, Nildo da Silva; LACERDA, Claudivan Feitosa de; GOMES FILHO, Enéas (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: Inctsal, 2016. Cap. 1. p. 3-7.

- BRAZ, Régis dos Santos. **Efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho sob estresse salino em dois solos**. 2018. 124 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- CAMPELO, D. H., **Uso do sensoriamento remoto para diagnóstico nutricional na cultura do milho irrigado**. Tese (doutorado) Universidade Federal do Ceará. 182p. 2018.
- CNA- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Panorama do Agro. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em 11 de dezembro de 2021.
- CARTER, C. T.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; SUAREZ, D. L. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 106, p. 381– 394, 2005.
- CASTRO, L.O.; CHEMALE, V.M. **Plantas medicinais, condimentares e aromáticas: descrição e cultivo**. Agropecuária: Guaíba, 1995. 196p.
- CASTRO, C. E. F. Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 1-46, 1998.
- CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, Volume Especial, p.699-705, 2011b.
- CAVALCANTE, L. F. Água para agricultura. *In*: CAVALCANTE, L. F. **O maracujazeiro amarelo e a salinidade**. 1. ed. Areia: UFPB, 2012. p.1-15.
- CAVALCANTE, Eduardo Santos. **Irrigação suplementar com águas salobras como estratégia para incrementar a produtividade do milho no semiárido brasileiro**. 2020. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- CHEN, YEN-MING; MII, MASAHIRO. Interspecific hybridization of *Begonia semperflorens* (section *Begonia*) with *B. pearcei* (section *Eupetalum*) for introducing yellowflower color. **Plant Biotechnology**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 77-85, 2012.
- CHICONATO, D. A.; JUNIOR, G. D. S. S.; DOS SANTOS, D. M. M.; MUNNS, R. Adaptation of sugarcane plants to saline soil. **Environmental and Experimental Botany**, [s. l.] 162, p. 201-211. 2019.
- COELHO, A. A. O. P.; GIULIETTI, A. M. O gênero *Portulaca* L. (Portulacaceae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 655-670, 2010.
- CONESA GALLEGOS, E.; PARRA TORRES, A.; ZORNOZA BELMONTE, R.; FAZ CANO,

Á.; GÓMEZ LÓPEZ, M. D. Guía de especies vegetales de la cuenca mediterránea aptas para revegetación: Adecuación para zonas degradadas y contaminadas. Universidad Politécnica de Cartagena, 55 p., 2019.

CORRÊA, A.D.; BATISTA, R.S.; QUINTAS, L.E.M. **Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica**. Petrópolis: Vozes, 1998. 246p

CUNNINGHAM JR FX, GANTT E. Genes and enzymes of carotenoid biosynthesis in plants. **Annual review of plant biology**. [s. l.], v. 49, n. 1, p. 557-83, 1998.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 6. 2008.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, [s. l.], v.88, p.237-243, 1985.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010, cap. 13, p.205-218.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M. D.; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993. 2007.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.79-88, 2001.

FERREIRA, E. G. B. S.; MATOS, V. P.; SALES, A. G. D. F. A. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de crista-de-galo em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, Paraná, v. 9, n. 2, p. 241-244. 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR®: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.3. Lavras: DEX/UFLA, 2010. (Software estatístico).

FERREIRA, E. G. B. D. S., MATOS, V. P., SENA, L. H. D. M., SALES, A. G. D. F. A., & SANTOS, H. H. D. Superação da dormência em sementes de crista de galo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 808-813. 2012.

FIORIO, P. R.; COELHO, R. D.; BARROS, P. P. S.; BONILLA, M. M. Z.; GADY, A. P. B.

Comportamento espectral de folhas da cana-de-açúcar na presença de déficit hídrico. **Irriga, Botucatu**, v. 23, n. 3, p. 609-621, 2018.

FLOWERS, T.J; TROKE, P.F.; YEO, A.R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, [s. l.], v. 28, p. 89-121. 1977.

FRANCOIS, L.E.; MAAS, E.V.; DONOVAN, T.J.; YOUNGS, V.L. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 78, p. 1053-1058, 1986.

FREITAS, M. A. C., AMORIM, A. V., BEZERRA, A. M. E., PEREIRA, M. S., BESSA, M. C., NOGUEIRA FILHO, F. P., & LACERDA, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, p. 839-849, 2014.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 76, p. 371-374, 1984.

GHEYI, H. R.; DIAS N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. 504p.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s. l.], v. 48, p. 909-930, 2010.

GIRARD, M. C.; GIRARD, C., M. Processing of Remote Sensing Data, Balkema, 2003. 457p.

GIRIJA, S.; GANAPATHI, A.; VENGADESAN, G. Micropropagation of *Crossandra infundibuliformis* (L.) Nees. **Scientia horticulturae**, [s. l.], v. 82, n. 3-4, p. 331-337, 1999.

GITELSON A., KAUFMAN Y.J. & MERZYLYAK M.N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 58, p. 289- 298. 1996.

GITELSON, A.; MERZLYAK, M.N. Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. **Advances in Space Research**, [s. l.], v. 22, p. 689-692. 1998.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, p.365-370, 2011.

GUIMARÃES, T. G., OLIVEIRA, D. A., MANTOVANI-ALVARENGA, E. V. E. L. I. N. E., & GROSSI, J. A. S. Maturação fisiológica de sementes de zínia (*Zinnia elegans* Jacq.). **Revista Brasileira de Sementes**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 7-11. 1998.

- GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. N.; VIEIRA, F. E. R.; TORRES, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 137 - 142, 2013.
- HAMZEH, S.; NASERI, A.A.; ALAVI PANAH, S.K.; MOJARADI, B.; BARTHOLOMEUS, H.M.; CLEVERS, J.G.P.W.; BEHZAD, M. Estimating salinity stress insugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [s. l.], v. 21, p. 282–290, 2013.
- HASANUZZAMAN, M; NAHAR, K.; FUJITA, M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. *In*: AHMAD, P.; AZOOZ, M. M.; PRASAD, M. N. V. (Eds). **Ecophysiology and responses of plants under salt stress**. Springer New York, chapter 2, p.25-87. 2013.
- HEEGE, H. J.; REUSCH, S.; THIESSEN, E. Prospects and results for optical systems for site-specific on-the-go control of nitrogen-top-dressing in Germany. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 115-131, 2008.
- HENDRICKS, R. C.; BUSHNELL, D. M. Halophytes, algae and bacteria food and fuel feedstocks. **National Aeronautics and Space Administration** / Washington: NASA, TM-215294, 45p. 2009.
- HOLANDA, J. S. DE; AMORIM, J. R. A. DE; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. 2.ed. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTsal, 2016. p.35-47.
- IBRAFLOR-INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Flores em números. Disponível em: <https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>. Acesso em 03 de janeiro de 2022.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Tabela de dados das estações, 2020. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A305>>. Acesso em 12 de dezembro de 2021.
- JAIN, ASHOK K.; BASHIR, MUDASIR. In-vitro propagation of a medicinal plant *Portulaca grandiflora*. Hook. **World journal of Agricultural sciences**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 327-330, 2010.
- JENSEN, J. R., Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres, São José dos Campos-SP, Parêntese, 2011. 582p.
- LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda 32 irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.02, p.221-230, 2009.

LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotations system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p.663-675, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400005>

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophyll fluorescence signatures of leaves during the autumnal chlorophyll breakdown. **Journal of Plant Physiology**, [s. l.], v.131, n. 1-2, p.101-110. 1987.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, p.854-866, 2014.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2 ed. Campo Grande: Oficina de Textos, 2015. 908p.

LOPES, S. J.; MILANI, M.; DALCOL LÚCIO, A.; STORCK, L. Suficiência amostral para cravina de jardim cultivada em diferentes substratos. **Ornamental Horticulture**, [s. l.], v. 22, n.1, p. 63-73. 2016.

LORENZI, H. & SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais do Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum. 1999. 1088p

LORENZI, H. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ª ed. Nova Odessa: Plantarum, 2001. 1088 p.

LUO, H.; XIA, Z. Z.; CHEN, Y. Y.; ZHOU, Y.; DENG, J. X. Morphology and Molecular Characterization of *Alternaria argyranthemii* on *Chrysanthemum coronarium* in China. **Mycobiology**, [s. l.], v. 46, n. 3, p. 278-282. 2018.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. H. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of ASCE**, [s. l.], v.103, p.115- 134, 1977.

MADHUMITHA, G.; SARAL, A. M. Preliminary phytochemical analysis, antibacterial, antifungal and anticandidal activities of successive extracts of *Crossandra infundibuliformis*. **Asian Pacific journal of tropical medicine**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 192-195, 2011.

MAHLEIN, A.-K., RUMPF, T., WELKE, P., DEHNE, H.-W., PLÜMER, L., STEINER, U., OERKE, E.-C., Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. **Remote Sensing Environment**. [s. l.], v. 128, p. 21–30. 2013.

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of biofertilizers application on improving wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance to salinity. **Research Journal of Agricultural and Biological Sciences**, [s. l.], v. 4, p. 520-528, 2008.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, [s. l.], v. 3, p. 49-54. 2016.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no semiárido cearense. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v.38, p.25-31, 2007.

MENDES, B. S. D. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MENDONÇA, A. M, NATALE, W., SOUSA, G. G., SILVA JUNIOR, F. B. Morfofisiologia e nutrição de mudas de maracujazeiro-amarelo cultivado em substratos à base de bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 16, n. 3, p. 1-7, 2021.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M.; CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciênciado Solo**, Viçosa, v. 26, p. 957-965. 2002.

MIYAMOTO, S.; MARTINEZ, I.; PADILLA, M.; PORTILLO, A.; ORNELAS, D. Landscape plant lists for salt tolerance assessment. USDI, **Bureau of Reclamation**. [s. l.], Texas Agricultural Experiment Station, 15p. 2004.

MORAES NOVO, Evelyn ML. **Sensoriamento remoto**. Princípios e Aplicações—Ed. Edgard Blücher—São Paulo, 2008.

MOREIRA, P. A.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D. Desenvolvimento vegetativo e teor foliar demacronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.) adubada com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 8, n. 1, p.18-23. 2005.

MOREIRA, L. C. J. **Uso do sensoriamento remoto para avaliar o processo de salinização no perímetro irrigado de Morada Nova - CE**. 2014. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MOREIRA, F. J. C.; SANTOS FERREIRA, A. C. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne enterolobii*) com cravo de defunto (*Tagetes patula* L.), em solo. **Holos**,

[s. l.], v. 1, p. 99-110, 2015.

MOTA, A. F.; PEDROZA, J. P.; LEÃO, A. B.; DANTAS NETO, R. N. J. Influência da irrigação com água salina sobre a produção de flores de crisântemo. CONTECC, Alagoas, Maceió, 2018, 5p.

MUNNS, R.; SCHACHTMAN, D.P.; CONDON, A.G. The significance of a two-phase response to salinity in wheat and barley. **Australian Journal of Plant Physiology**, [s. l.], v. 22, p. 561-569, 1995.

MUNNS, R.; HUSAIN, S. RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R.A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, [s. l.], v.247, p. 93-105, 2002.

NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, D.A.M.; SILVA, D.A.; ALVES, A.G. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, [s. l.], v.27, p.128-132, 2012.

NAUMANN, J. C.; YOUNG, D. R.; ANDERSON, J. E. Spatial variations in salinity stress across a coastal landscape using vegetation indices derived from hyperspectral imagery. **Plant Ecology**, [s. l.], v. 202, n. 2, p. 285-297, 2009.

NEJAT, N.; VALDIANI, A.; CAHILL, D.; TAN, Y.; MAZIAH, M.; ABIRI, R. Ornamental exterior versus therapeutic interior of Madagascarperiwinkle (*Catharanthus roseus*): the two faces of a versatile herb. **The Scientific WorldJournal**, [s. l.], v. 2015, 19p. 2015.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil. **São Paulo: OCESP**, 2015.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, A. C.; SOUSA, C. H. C.; OLIVEIRA, F. I. F.; RIBEIRO, M. S. S. Quantitative and qualitative responses of *Catharanthus roseus* to salinity and biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, p. 22-26, 2018.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. 387p.

OLIVEIRA, Emanuele Victor de. **Classificação da tolerância à salinidade em plantas ornamentais utilizando-se diferentes metodologias**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, E. V.; LACERDA, C.F.; NEVES, A.L.R.; GHEYI, H.R.; OLIVEIRA, F. I. F.; OLIVEIRA, D.R.; VIANA, T.V.A. A new method to evaluate salt tolerance of ornamental plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, [s. l.], v. 30, p. 173-180, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; MARTINS, D. C.; OLIVEIRA, M. K. T.; NETA, M. L. S.; RIBEIRO, M. S. S.; SILVA, R. T. S. Desenvolvimento inicial de cultivares de abóboras e morangas submetidas ao estresse salino. **Revista Agroambiente**, [s. l.], v. 8, p.222-229, 2014a.

OLIVEIRA, Francisco Ítalo Fernandes de. **Influência do modo de irrigação na tolerância de plantas ornamentais à salinidade da água**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

OLIVEIRA, M.R.R. Uso de sensoriamento remoto hiperespectral na caracterização da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), 2019.

OSHIRO, L.; GRAZIANO, T. T.s; DEMATTÊ, M. E. SP. Comercialização e produção de folhagem ornamental de corte no Estado de São Paulo. **Ornamental Horticulture**, [s. l.], v. 7, n. 1,2001.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], v.60, p.324-349, 2005.

PEDROTTI, A., CHAGAS, R. M., RAMOS, V. C., DO NASCIMENTO PRATA, A. P., LUCAS, A. A. T., SANTOS, P. B. Causes and consequences of the process of soil salinization. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [s. l.], v. 19, n. 2, p.1308-1324. 2015.

PEÑUELAS, J.; ISLA, R.; FILELLA, I.; ARAUS, J.L. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on Barley. **CropScience**, [s. l.], v. 37, p. 198-202. 1997.

PILLA, M. A. C.; HABER, L. L.; GRASSI FILHO, H.; Uso racional de nutrientes no cultivo hidropônico de amor-perfeito. **Irriga**, Botucatu, v.11, n. 3, p. 367-375, 2006.

PIROLA, K.; DOTTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; ALEGRETTI, A. L.; CONCEIÇÃO, P. C.; MENDES, A. S. Recipientes e substratos na germinação e desenvolvimento de crisântemo e amor-perfeito. **Ornamental Horticulture**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 151-160, 2015.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 160p.

PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. INCTSal, Fortaleza. cap. 10, p. 143-160, 2010.

QUEIROZ, T. R. G.; TEIXEIRA, A. S.; MOREIRA, L. C. J.; OLIVEIRA, M. R. R.; NORONHA, V. S.; PONTE, N. S. C. Avaliação do potencial de índices de vegetação em detectar estresse salino na cultura do melão (*Cucumis melo* L.). In: V INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2019, Fortaleza. Anais [...] Fortaleza: Inovagri, 2019. p. 1-8.

REIS, M., V.; SANT'ANA, G., S.; PAIVA, P., D., O.; BONIFÁCIO, F., L.; GUIMARÃES, P., H., S. Profile of producer and retailer of flower and ornamental plant. **Ornamental Horticulture**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 1 – 14, 2020.

RESENDE, R. S., AMORIM, J. R., CRUZ, M. A.; MENESES, T. N. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, Campina Grande, v. 18. P. s46-s52, 2014.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; Origem e classificação dos solos afetados por sais. *In*: GHEYI, Hans Raj; DIAS, Nildo da Silva; LACERDA, Claudivan Feitosa de; GOMES FILHO, Enéas (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: Inctsal, 2016. Cap. 2. p. 9-16.

RIBEIRO, S G.; TEIXEIRA, A. S.; OLIVEIRA, M. R. R.; COSTA, M. C. G.; ARAÚJO, I. C. S.; MOREIRA, L. C. J.; LOPES, F. B. Soil Organic Carbon Content Prediction Using Soil-Reflected Spectra: A Comparison of Two Regression Methods. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 13, n. 23, p. 4752, 2021.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M.; MARSHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. (Estudos da FAO – Irrigação e Drenagem, 48).

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264p. ISBN9788570781246.

RUBIO-DELGADO, J.; PÉREZ, C. J.; VEGA-RODRÍGUEZ, M. A. Predicting leaf nitrogen content in olive trees using hyperspectral data for precision agriculture. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 1-21, 2021.

SACRAMENTO, B., CRUZ, T., SILVA, L., MOTA, K., & NETO, A. A. Pigmentos e teores de solutos orgânicos em plantas de aguapé sob estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 10, n. 18, 2014.

SANCHEZ-AZOFEIFA, A., ANTONIO GUZMÁN, J., CAMPOS, C.A., CASTRO, S., GARCIA-MILLAN, V., NIGHTINGALE, J. AND RANKINE, C. Twenty-first century remote sensing technologies are revolutionizing the study of tropical forests. **Biotropica**, [s. l.], v. 49, n. 5, p.604-619, 2017.

SANTOS, K. C. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, L. E.; MIRANDA, M. A.; FREIRA, M. B. S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex nummularia*. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.42, n.3, p.619- 627, 2011.

SCHOELLHORN, RICK; EMINO, EVERETT; ALVAREZ, ERIN. Specialty cut flower production guides for Florida: sunflower. **Gainesville: University of Florida, IFAS Extension**, 2003.

SHABALA, S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. **Annals of Botany Company**, [s. l.], v. 112, n. 7, p. 1209-1221, 2013.

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIEGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. *In: GHEYI, Sobre el crecimiento y distribución de materia seca en granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 169-180. 2006.

SIMÕES, F. C.; PAIVA, P. D. O.; NERI, G. J. O.; PAIVA, R. Noções básicas de jardinagem. **Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras**, 2002. p. 5-41. (Boletim de extensão).

SINGH, P., PANDEY, P.C., PETROPOULOS, G.P., PAVLIDES, A., SRIVASTAVA, P.K., KOUTSIAS, N., DENG, K.A.K. AND BAo, Y. Hyperspectral remote sensing in precision agriculture: Present status, challenges, and future trends. *In Hyperspectral remote sensing* (pp. 121-146), r2020.

SOARES, Tales Miler. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semiárido brasileiro**. 2007. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SOUZA, C. A.; ARAUJO, Y.R.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A.Q; BARROS, B. E. A. Análise comparativa da qualidade de água para irrigação em três sistemas hídricos conectados no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 1011-1022, 30 dez. 2016. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v10n600481>.

STEHMANN, J. R.; LORENZ-LEMKE, A. P.; FREITAS, L. B.; SEMIR, J. The genus petunia. *In Petunia* (pp. 1-28). Springer, New York, NY. 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2009. 848p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848 p.

TANG, YING; XIN, HAI-LIANG; GUO, MEI-LI. Review on research of the phytochemistry and pharmacological activities of *Celosia argentea*. **Revista brasileira de farmacognosia**, [s. l.], v.26, n. 6, p. 787-796, 2016.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise do solo**. 3 ed (revista e ampliada). Brasilia-DF, Embrapa, 2017. 573p.

TELLES, C. A.; MIELKE, É. C.; MACHADO, M. P.; BIASI, L. A. Diferentes volumes de substrato no desenvolvimento de plantas de cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.).

Ornamental Horticulture, [s. l.], v. 11, n. 1, 2005.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, [s. l.], v. 91, n.5, p.503-527, 2003.

UREÑA, M. P.; D'ÁRRIGO, M. H.; GIRÓN, O. M. **Evaluación sensorial de los alimentos**. Peru, Universidade Nacional Agrária La Molina. 1999, 197p

VAISHNAV, J.; SUBHA, V.; KIRUBANANDAN, S.; ARULMOZHI, M.; RENGANATHAN, S. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by *Celosia argentea* and its characterization. **Journal of Optoelectronic and Biomedical Materials**, [s. l.], v. 9, p. 59-71. 2017.

WALTER, A., LIEBISCH, F., HUND, A., Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. **Plant Methods**, [s. l.], v. 11, p. 14. 2015.

WAN, C.; LI, S.; LIU, L.; CHEN, C.; FAN, S. Caffeoylquinic acids from the aerial parts of *Chrysanthemum coronarium* L. **Plants**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 10, 2017.

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The journal of horticultural Science and biotechnology**, [s. l.], v. 75, p. 623-627, 2015.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 6, n.11, p. 1 – 23, 2010.

ZAGO, A.P.; BELLÉ, R.A.; BACKES, F.A.A.L.; MENEGAES, J.F. Complementos de arranjos e buquês florais. Informe Técnico do Centro de Ciências Rurais. Santa Maria:UFSM, 2015, 4p.

ZHANG, T.; ZENG, S.; GAO, Y.; OUYANG, Z.; LI, B.; FANG, C.; ZHAO, B. Using hyperspectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 1552-1562, 2011.

ZONTA, J. H., BEZERRA, J. R., SOFIATTI, V., BRANDÃO, Z. N. Yield of cotton cultivars under different irrigation depths in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p. 748-754. 2015.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA ANÁLISE SENSORIAL DA
QUALIDADE VISUAL DE PLANTAS ORNAMENTAIS**

Você está sendo convidado (a) a participar da avaliação da qualidade visual de *NOME DA ESPÉCIE*, irrigada com águas salinas, por favor, dê sua opinião sincera sobre as amostras.

IDADE: () 18 a 35 anos () 36 a 55 anos () 56 a 70 anos

SEXO: () Feminino () Masculino

Questão I - DÊ SUA NOTA DE 1,0 A 9,0, DE ACORDO COM A ESCALA HEDÔNICA ABAIXO, para Aparência Geral das Plantas

- 1.Desgostei extremamente
- 2.Desgostei muito
3. Desgostei moderadamente
4. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei moderadamente
8. Gostei muito
9. Gostei extremamente

AVALIE COM RELAÇÃO À APARÊNCIA GERAL DAS PLANTAS						
	AMOSTRAS					
	COD	COD	COD	COD	COD	COD
APARÊNCIA GERAL						

Questão II - Em sua opinião como consumidor (a), escolha DUAS amostras que você compraria.

() COD () COD () COD () COD () COD

Obrigada!!