



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**JOSÉ WILSON GOMES DOS SANTOS**

**IMPACTOS DA SALINIDADE E DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO,  
FISIOLOGIA E QUALIDADE VISUAL DE *Euphorbia milii* E *Zamioculcas  
zamiifolia***

**FORTALEZA**

**2021**

JOSÉ WILSON GOMES DOS SANTOS

IMPACTOS DA SALINIDADE E DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO,  
FISIOLOGIA E QUALIDADE VISUAL DE *Euphorbia milii* E *Zamioculcas zamiifolia*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do solo e da água/Salinidade do solo e da água.

Orientador: Prof. Dr: Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2021

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

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

---

S235i Santos, José Wilson Gomes dos.  
Impactos da salinidade e da luminosidade no crescimento, fisiologia e qualidade visual de  
*Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* / José Wilson Gomes dos Santos. – 2021.  
93 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. estresse salino. 2. intensidade de luz. 3. sombreamento. 4. plantas ornamentais. I.  
Título.

CDD 631.4

---

JOSÉ WILSON GOMES DOS SANTOS

IMPACTOS DA SALINIDADE E DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO,  
FISIOLOGIA E QUALIDADE VISUAL DE *Euphorbia milii* E *Zamioculcas zamiifolia*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do solo e da água/ Salinidade do solo e da água.

Aprovado em: 27/07/2021

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alan Diniz Lima  
Faculdade de Tecnologia do Nordeste (FATENE)

---

Profa. Dra. Edilaine da Silva Marques  
Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

---

Dra. Antonia Leila Rocha Neves  
Bolsistas BIT-PIJ (FUNCAP/SEDET/UFC)

À minha mãe, Maria Luciano dos Santos (*in memorian*) e ao meu pai, José Gomes dos Santos, (*in memorian*), exemplos de fé, determinação e amor.

À minha esposa Verônica Cunha Muniz Gomes e meu filho José Wilson Gomes dos Santos Júnior pelo incentivo, amor e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela luz do Espírito Santo que me iluminou nos momentos mais difíceis da minha trajetória.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade concebida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior-CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao INCTsal, pelo financiamento para a realização da pesquisa sobre plantas ornamentais.

À Agência de Desenvolvimento do Ceará – ADECE pela disponibilidade de recursos para a conclusão dessa pesquisa.

Ao professor Claudivan Feitosa de Lacerda, pela orientação, paciência e dedicação para que fosse concretizada essa pesquisa.

Ao professor Raimundo Willane de Figueiredo pelo apoio inicial.

Ao professor Marcos Esmeraldo pelos ensinamentos e por gentilmente ter cedido o espaço para a realização da pesquisa.

À colega Adriana Oliveira, pela ajuda inestimável em todos os momentos do trabalho. Agradeço também ao pessoal do laboratório Aureliano, Manu, Leila, Carlos Henrique e Manoel.

Aos professores do curso de pós-graduação na área de concentração de solos e nutrição de plantas, Míriam Cristina, Maria Eugênia, Assis Júnior, Boanerges Freire (*in memoriam*) e Jaedson Anunciato, pela transmissão dos conhecimentos.

Aos colegas do doutorado Cleiton Sayale, Gustavo, Cillas Policarpo, Kaio, Lucas, Tiago Leite, Luís e Godôfredo pela amizade de todos os momentos.

Aos funcionários do departamento de solos: Edilson, Helena, Franzé e Marilene.

A todos os familiares pelo amor, carinho, compreensão e dedicação durante o decorrer da minha caminhada. E a todas as pessoas não citadas, que de uma forma ou outra colaboraram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

O Brasil atravessa uma importante crise econômica, afetando consideráveis setores da sua economia; com o retorno das atividades, o setor da floricultura deverá retomar o crescimento acompanhando a tendência mundial. A região Nordeste apresenta condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da floricultura; contudo, a escassez hídrica e a salinização de parte de suas fontes hídricas atuam como entrave a essa atividade. Além disso, pouco se sabe sobre a tolerância das plantas ornamentais ao estresse salino, quando são cultivadas em pleno sol ou sob diferentes níveis de sombreamento. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e diferentes condições de luminosidade no crescimento, trocas gasosas e qualidade visual de duas espécies ornamentais: *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*. A pesquisa foi realizada no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) da Universidade Federal do Ceará – UFC, em Fortaleza – CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, sendo as parcelas determinadas pelos diferentes ambientes de cultivo (pleno sol e sombreamento de 30%, 50% e 70%), as subparcelas correspondem aos níveis de salinidade na água de irrigação CEa (0,5; 2,0; 3,5; e 5,0 dS m<sup>-1</sup>), e as subsubparcelas às espécies *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*, com duas plantas por repetição, totalizando 320 unidades experimentais. Foram avaliadas as medidas biométricas de crescimento (altura, diâmetro do caule, número de ramos e área foliar), produção e partição de biomassa, teores foliares dos macronutrientes e do sódio, trocas gasosas foliares, tolerância à salinidade e análise qualitativa sensorial. O sombreamento teve maior impacto nas variáveis qualitativas do que na tolerância à salinidade baseado nos resultados das variáveis quantitativas. O ambiente com sombreamento a 30% é o mais propício para o cultivo da *E. milii* quando se utiliza água de baixa a moderada salinidade. O sombreamento reduz os danos diretos da radiação nas folhas de *Z. zamiifolia* e melhora a qualidade visual dessa espécie sob elevada salinidade. A condição de alta luminosidade estimulou maior partição de biomassa para a parte aérea em relação ao sistema radicular da espécie *Euphorbia milii*. A espécie *Zamioculcas zamiifolia* por sua vez, alocou maior fração de biomassa para o conjunto raiz+rizoma. As trocas gasosas foliares e os teores de sódio (Na) e dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambas as espécies foram

influenciados pelo efeito do sombreamento e salinidade da água de irrigação. Ambientes sombreados proporcionaram plantas mais altas, com maior área foliar, maior acúmulo de matéria seca na parte aérea e flores e um maior número de flores, sendo essas duas últimas variáveis inerentes apenas à *Euphorbia milii*.

**Palavras-chave:** estresse salino; intensidade luminosa; sombreamento; plantas ornamentais.

## ABSTRACT

Brazil is going through a major economic crisis, affecting considerable sectors of its economy; with the return of activities, the floriculture sector should resume growth in line with the global trend. The Northeast region has favorable climatic conditions for the development of floriculture; however, water scarcity and salinization of part of its water sources act as an obstacle to this activity. Furthermore, little is known about the tolerance of ornamental plants to salt stress, when they are grown in full sun or under different levels of shading. In this context, the objective was to evaluate the effects of irrigation water salinity and different light conditions on growth, gas exchange and visual quality of two ornamental species: *Euphorbia milii* and *Zamioculcas zamiifolia*. The research was carried out at the Center for Teaching and Research in Urban Agriculture (NEPAU) of the Federal University of Ceará – UFC, in Fortaleza – CE. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme, with five replications, with the plots being determined by the different cultivation environments (full sun and shading of 30%, 50% and 70%), the subplots corresponding to the salinity levels in the irrigation water ECa (0.5; 2.0; 3.5; and 5.0 dS m<sup>-1</sup>), and the sub-plots to the species *Euphorbia milii* and *Zamioculcas zamiifolia*, with two plants per repetition, totaling 320 experimental units. Biometric measures of growth (height, stem diameter, number of branches and leaf area), biomass production and partition, leaf macronutrient and sodium contents, leaf gas exchange, salinity tolerance and qualitative sensory analysis were evaluated. Shading had a greater impact on qualitative variables than on salinity tolerance based on the results of the quantitative variables. The 30% shaded environment is the most favorable for the cultivation of *E. milii* when using water with low to moderate salinity. Shading reduces direct radiation damage to *Z. zamiifolia* leaves and improves the visual quality of this species under high salinity. The high luminosity condition stimulated greater biomass partition to the aerial part in relation to the root system of the *Euphorbia milii* species. The species *Zamioculcas zamiifolia*, in turn, allocated a greater fraction of biomass to the root+rhizome group. Leaf gas exchange and sodium (Na) and macronutrient nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) contents in both species were influenced by the effect of the shading and salinity of the irrigation water. Shaded environments provided taller plants, with greater leaf area,

greater accumulation of dry matter in shoots and flowers, and a greater number of flowers, these last two variables being inherent only to *Euphorbia milii*.

**Keywords:** salt stress; light intensity; shading; ornamental plants.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Espécie ornamental <i>Euphorbia milii</i> .....	21
Figura 2	– Espécie ornamental <i>Zamioculcas zamiifolia</i> .....	22
Figura 3	– Ambientes telados e a pleno sol utilizados no experimento .....	34
Figura 4	– Mensuração do diâmetro do caule com paquímetro digital.....	35
Figura 5	– Integrador de área foliar.....	35
Figura 6	– Analisador de gases – IRGA para medição das trocas gasosas.....	37
Figura 7	– Análise sensorial realizada no Campus do Pici .....	39
Figura 8	– Altura das plantas (AP) ornamentais cultivadas em pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento .....	41
Figura 9	– Diâmetro do Caule (DC) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação .....	42
Figura 10	– Área foliar (AF) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas em pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.....	43
Figura 11	– Área foliar específica (AFE) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.....	45
Figura 12	– Número de flores (NF) da espécie ornamental <i>Euphorbia milii</i> cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.....	46
Figura 13	– Número de hastes (NH) da espécie ornamental <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.....	47
Figura 14	– Massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e	

	telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.....	49
Figura 15	– Massa seca da raiz (MSR das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.....	51
Figura 16	– Massa seca total (MST) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.....	52
Figura 17	– Massa seca das flores (MSFL) da espécie <i>Euphorbia milii</i> cultivada em pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.	53
Figura 18	– Teores de nitrogênio (N) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	57
Figura 19	– Teores de potássio (K) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	58
Figura 20	– Teores de fósforo (P) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	60
Figura 21	– Teores de cálcio (Ca) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	61

Figura 22 – Teores de magnésio (Mg) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	62
Figura 23 – Teores de enxofre (S) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	63
Figura 24 – Teores de sódio (S) nas folhas de plantas das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.....	64
Figura 25 – Fotossíntese (A) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B), realizadas sob luz saturante ( $1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	66
Figura 26 – Condutância estomática (gs) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B), realizadas sob luz saturante ( $1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) .....	67
Figura 27 – Transpiração (E) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa, realizadas sob luz saturante ( $1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) .....	69
Figura 28 – Fotossíntese (A) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> (A) e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> (B) cultivadas a pleno sol e em telados com	

	30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa, (com simulação de luz em cada ambiente) .....	71
Figura 29	– Condutância estomática (gs) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> (A) e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa, (com simulação de luz em cada ambiente) .....	72
Figura 30	– Transpiração (E) das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> (A) e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa, (com simulação de luz em cada ambiente) .....	73
Figura 31	– Número de julgadores que declararam intenção de compra da espécie ornamental <i>Euphorbia milii</i> cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de condutividade elétrica .....	79
Figura 32	– Número de julgadores que declararam intenção de compra da espécie ornamental <i>Zamioculcas zamiifolia</i> cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de condutividade elétrica .....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características químicas e físicas do substrato utilizado no cultivo das espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> .....	33
Tabela 2	– Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, com base na redução da produção .....	38
Tabela 3	– Resumo da análise de variância para altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescente de salinidade .....	40
Tabela 4	– Resumo da análise de variância para o número de flores (NF) da espécie <i>Euphorbia milii</i> e número de hastes (NH) da espécie <i>Zamioculcas zamiifolia</i> , cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescente de salinidade .....	46
Tabela 5	– Resumo da análise de variância para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) e massa seca das flores (MSFL) de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescente de salinidade .....	48
Tabela 6	– Percentual (%) de participação na massa seca total das variáveis matéria seca das folhas (MSFO), caule + ramos (MSC), raízes (MSR) e flores (MSFL) em plantas da espécie <i>Euphorbia milii</i> cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação-CE .....	54
Tabela 7	– Percentual (%) de participação na massa seca total das variáveis matéria seca das folhas (MSFO), caule + ramos (MSC) e raízes + rizomas (MSRR) em plantas da espécie <i>Zamioculcas zamiifolia</i>	

	cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação-CEa .....	55
Tabela 8	– Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e sódio (Na) nas folhas de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade .....	56
Tabela 9	– Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação, (luz saturante $1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) .....	65
Tabela 10	– Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação, (simulação de luz por ambiente) .....	70
Tabela 11	– Reduções relativas de massa seca da parte aérea, matéria seca subterrânea, matéria seca total e taxa de fotossíntese das espécies <i>E. milii</i> e <i>Z. zamiifolia</i> cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento, e as respectivas classificações de tolerância à salinidade .....	75
Tabela 12	– Médias das notas atribuídas à qualidade visual das plantas de <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> , segundo os critérios da escala hedônica para aparência geral.....	77

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	21
2.1	Espécies ornamentais <i>Euphorbia milii</i> e <i>Zamioculcas zamiifolia</i> ...	21
2.2	Águas salobras como fonte de irrigação .....	22
2.3	Efeitos do estresse salino nas plantas, com ênfase nas espécies ornamentais.....	24
2.4	Mecanismos de tolerância ao estresse salino .....	26
2.5	Efeitos da luminosidade sobre o crescimento das plantas .....	28
2.6	Interação salinidade x luminosidade .....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1	Localização e características da área experimental.....	32
3.2	Características químicas e físicas do substrato.....	32
3.3	Tratamentos e delineamento estatístico.....	33
3.4	Condução do experimento e tratos culturais.....	33
3.5	Variáveis avaliadas.....	35
3.5.1	<i>Análise de crescimento: medidas biométricas</i> .....	35
3.5.2	<i>Produção e partição de biomassa</i> .....	36
3.5.3	<i>Análise química do tecido vegetal</i> .....	36
3.5.4	<i>Trocias gasosas foliares</i> .....	36
3.5.5	<i>Índice de tolerância à salinidade</i> .....	37
3.5.6	<i>Análise sensorial</i> .....	38
3.6	Análise estatística.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1	Análise de crescimento: medidas biométricas.....	40
4.1.1	<i>Altura das plantas</i> .....	40
4.1.2	<i>Diâmetro do caule</i> .....	42
4.1.3	<i>Área foliar e área foliar específica</i> .....	43
4.1.4	<i>Número de flores e número de hastes</i> .....	45
4.2	Produção de biomassa.....	48
4.3	Partição de biomassa.....	53
4.4	Análise química do tecido vegetal.....	56

<b>4.5</b>	<b>Trocas gasosas foliares.....</b>	<b>65</b>
<b>4.5.1</b>	<b><i>Trocas gasosas sob luz saturante .....</i></b>	<b>65</b>
<b>4.5.2</b>	<b><i>Trocas gasosas com simulação de luz em cada ambiente .....</i></b>	<b>69</b>
<b>4.6</b>	<b>Tolerância à salinidade.....</b>	<b>74</b>
<b>4.7</b>	<b>Análise sensorial.....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil atravessa uma importante crise econômica, com impactos em setores expressivos da sua economia. A partir do equacionamento desse problema o país deverá estar preparado para voltar a crescer, fortalecendo principalmente aqueles setores que já apresentavam um forte viés de crescimento; antes do evento o segmento da floricultura já movimentava cifras bilionárias acompanhando a tendência mundial.

Com mercado potencial de 150 milhões de consumidores, o consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil ainda é pequeno quando comparado a de outros países; em 2013, o consumo médio per capita de R\$ 26,00 foi menor que o europeu aproximadamente 8 vezes, demonstrando que temos espaço para crescer em produção e consumo no Brasil; no Nordeste esse consumo é ainda mais baixo que a média nacional, na ordem de R\$ 11,75 por pessoa. O PIB da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no país em 2014 em milhões de reais ficou distribuído entre a floricultura R\$ 982,4; decoração R\$ 2337,1; e o paisagismo R\$ 648,8; a partir de 2018 com o crescimento médio anual de 10%, o faturamento saltou para expressivos R\$ 8,1 bilhões (IBRAFLOR, 2018). O setor promoveu 215,8 mil empregos diretos (a participação do Nordeste foi de 12,3% sobre o total nacional), investiu 2,8 bilhões em salários e gerou 2,5 bilhões em impostos.

Antes restrito à região Sudeste, a expansão da área de floricultura no país - atuais 15 mil hectares - só foi possível graças à diversidade climática brasileira que veio a favorecer o cultivo de flores de clima temperado e tropical. Essa expansão alcançou o Nordeste brasileiro, onde existem 1138 produtores, com área média de 1,8 ha; a área cultivada é da ordem de 2000 hectares (BRAINER, 2018). O Estado do Ceará foi o que mais se destacou na floricultura nordestina beneficiado pela alta luminosidade e algumas áreas de clima ameno, explorando tanto a floricultura tropical quanto a temperada de corte, em áreas de cultivo aberto e estufa. O Estado destacou-se como quarto exportador nacional contribuindo com 8,9% dos valores de 2017, exportando bulbos, tubérculos, rizomas, folhagem, folhas e ramos de plantas, secos, para buquês e mudas de outras plantas ornamentais (BRAINER, 2018). Os principais mercados internacionais de flores cearense são o Norte-Americano, seguido pela Holanda e Canadá. Atualmente na sexta posição no ranking das exportações, o Estado tenta recuperar a sua hegemonia.

A produção cearense de plantas ornamentais concentra-se no Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Cariri, Vale do Curú, Aracatiaçu e Região Metropolitana de Fortaleza, com destaque para a área serrana da Ibiapaba onde se registra umas das maiores produtividades florícolas do país, atraindo importantes empresas exportadoras tais como a Cearosa e Reijers.

No que pese as condições climáticas favoráveis para exploração da floricultura no Nordeste, essa região se depara com limitações significativas em termos de área com potencial para irrigação, algo em torno de apenas 2% de sua superfície. Visando-se ampliar a área irrigada na região, tem-se utilizado água de poços amazonas e de pequenos açudes, sendo que a maioria das fontes hídricas subterrâneas apresenta problemas de salinidade.

Salinidade é um processo que se manifesta mais comumente em áreas de clima árido e semiárido, em que são elevados os índices de evaporação e mal distribuída e reduzida as precipitações pluviais. As causas principais para a salinização do solo são a elevação nos níveis do lençol freático associada aos problemas de drenagem do solo, e, ou o manejo inadequado da irrigação.

Parte da região Nordeste do Brasil apresenta limitações abióticas para a produção de flores e de plantas ornamentais, especialmente salinidade, déficit hídrico, excesso de radiação solar e temperaturas elevadas. A salinidade das fontes hídricas, notadamente das águas subterrâneas (LACERDA *et al.*, 2021; SILVA JÚNIOR *et al.*, 1999), impacta as respostas fisiológicas e a qualidade visual das plantas (CASSANITI *et al.*, 2013; LACERDA *et al.*, 2020; NIU *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Entretanto, este tipo de água pode ser uma opção importante ao se adotar práticas adequadas de manejo (GARCÍA-CAPARRÓS; LAO, 2018; LACERDA *et al.*, 2021; NOBRE *et al.*, 2013).

Outro fator importante para o desenvolvimento das plantas ornamentais é a luminosidade representada pela qualidade e quantidade de radiação, sendo determinantes para o desenvolvimento vegetativo ao exercer efeitos diretos sobre a fotossíntese, abertura estomática e síntese de clorofila, dentre outros. Principal requisito para o surgimento das flores na espécie *Euphorbia milii*, a incidência da luminosidade desempenha um papel relevante na garantia das florações durante todo o ano. A espécie *Zamioculcas zamiifolia*, por sua vez tem boa adaptação em ambientes internos de pouca luz.

Quando se associa o fator luminosidade com a utilização de água salobra, pouco se sabe sobre o comportamento da *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a tolerância dessas espécies a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação sob diferentes condições de luminosidade e testar a hipótese de que plantas cultivadas em condições de sombreamento toleram mais a salinidade devido a sua menor perda de água. Essa estratégia de manejo, possibilitaria o uso de água salina na irrigação dessas espécies.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Espécies Ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*

As tendências e oportunidades no mercado florícola fazem com que os consumidores passem a buscar produtos cada vez mais diferenciados, que possam ser utilizados em diferentes ambientes, com menos manutenção e maior durabilidade. Nesse contexto, as espécies *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* conhecidas comercialmente no mercado local como Eu e Tu Paulista e Zamioculca, tem despontado na preferência dos paisagistas.

A espécie ornamental *Euphorbia milii* conhecida popularmente como eu e tu paulista, coroa-de-espinho e coroa-de-cristo (Figura 1) é originária de Madagascar, de clima tropical e subtropical, arbustiva, podendo atingir dois metros de altura. Seus ramos são suculentos com espinhos, podendo ser propagada por estaquia ou semente sendo a propagação por semente a forma ideal para a obtenção de novas variedades. Essa ornamental é tolerante à seca, suporta bem a radiação solar e chama a atenção pelo florescimento o ano todo quando as condições de cultivo são ideais. O solo deve ser bem drenado e moderadamente fértil. É uma planta utilizada não apenas como ornamental em jardins e vasos, mas também como cerca viva, com a função de proteção e segurança pelo fato de possuir muitos espinhos no caule (HUXLEY *et al.*, 1999).

Figura 1 – Espécie ornamental *Euphorbia milii*



Fonte: o autor

A espécie *Zamioculcas zamiifolia* é uma planta ornamental da família das Aráceas, sendo originária da Tanzânia na África (Figura 2). É uma planta de clima tropical e subtropical, não tolera temperaturas abaixo de 18 °C, sendo a temperatura ideal acima de 25 °C. Não necessita de muita luz sendo uma planta de meia sombra ou luz difusa, com propagação por semente ou estaquia de galho. Herbácea, pode alcançar uma altura entre 0,4 a 0,6 m; é resistente, durável, não necessitando de regas frequentes, podendo ser cultivada em solos de média fertilidade e bem drenados. É ideal para lugares bastante sombreados, onde outra planta dificilmente sobreviveria. O que chama a atenção nessa planta exótica são suas folhas verdes e brilhantes, apresentando folhagem ornamental única (CHEN; HENNY, 2003).

Figura 2 – Espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia*



Fonte: o autor

## 2.2 Águas salobras como fonte de irrigação

As águas de irrigação possuem sais dissolvidos, e quando essa prática agrícola é conduzida de forma inadequada com água de baixa qualidade pode haver acúmulo desses sais em concentrações prejudiciais, aumentando a salinidade do solo e reduzindo significativamente a produção de matéria seca, o crescimento, a área foliar total, a fotossíntese e a condutância estomática (CARVALHO *et al.*, 2012).

A água é considerada salobra quando possui entre 0,5 e 30 gramas de sal por litro, tendo mais sais dissolvidos que a água doce, mas não tão salgada quanto a água do mar, podendo resultar a partir da mistura dessas duas águas. Água de lagoas que tem conexão com o mar, são em geral salobras. Os estuários são um local comum

de água salobra e constituem um ambiente bastante distinto uma vez que preenche os oceanos e rios. Os pântanos de manguezais também são ambientes salobros. Em aquíferos associados a rochas salinas se encontra água salobra de origem fóssil.

No semiárido nordestino de acordo com estimativa da Embrapa (2017) há pelo menos 200 mil poços, sendo 6492 perfurados no Estado do Ceará nos últimos 4 anos, priorizando importantes centros urbanos e a zona rural. No entanto, a maior parte dessa água não vem sendo usada devido a sua qualidade inferior, sendo uma água salobra prejudicial à maioria das espécies de plantas terrestre.

O aumento da concentração salina das águas eleva os teores de cloreto de sódio, tornando as águas cada vez mais sódicas e menos cálcicas, em detrimento dos teores de bicarbonatos de cálcio e magnésio que tendem a precipitar em virtude da baixa solubilidade (SILVA JÚNIOR *et al.*, 1999).

Uma importante fonte de água para a irrigação são as águas subterrâneas cujo uso é disseminado mundialmente principalmente para atendimento urbano e irrigação. O Brasil possui a maior reserva de água subterrânea do mundo, com potencial explorável considerando os principais aquíferos do país, de 11.430 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2015). Em grande parte da região semiárida do Nordeste brasileiro as maiores reservas de águas subterrâneas são salinas, devido a predominância de rochas cristalinas no seu subsolo que impõe características salobras e salinas à essas águas. Os aquíferos fissurais encontrados no embasamento cristalino da região possuem baixa vazão, com média da ordem de 2 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (ANA, 2015).

No Ceará, as águas subterrâneas inseridas em área de embasamento cristalino, ocorre em 75% do Estado (ADECE, 2017). Nessa litologia caracterizada por solos de espessura menor que 2 metros, o armazenamento é limitado em razão da alta resistência à infiltração; no geral, regiões de cristalino são consideradas inviáveis ou péssimas fontes de água subterrânea. Dos poços perfurados, cerca de 63% estão no embasamento cristalino, 29% em litologia sedimentar e o restante em aluviões e formações cársticas. No geral, os poços do cristalino se apresentam mais rasos do que os escavados em litologia sedimentar. O uso agrícola das águas subterrâneas do cristalino é restrito dada a toxicidade do íon cloreto, havendo necessidade da escolha do cultivo adequado e monitoramento do solo.

As águas do cristalino do Nordeste brasileiro, apresenta baixos níveis de sulfato, carbonato e potássio, predominância de águas cloretadas sódicas com teores de cloretos que podem atingir valores superiores a 80% do total de ânions presentes

na água com níveis de salinidade elevados  $CEa > 3 \text{ dS m}^{-1}$  (SILVA JÚNIOR *et al.*, 1999).

O clima exerce influência sobre o teor de salinidade total da água visto que altos níveis de salinidade são associados a índices climáticos como pluviometria e evapotranspiração. Baixos índices pluviométricos quando superados pela evaporação, promovem deficiência na drenagem dos sais solúveis contribuindo para sua acumulação no perfil do solo.

### **2.3 Efeitos do estresse salino nas plantas, com ênfase nas espécies ornamentais**

As mudanças climáticas e o cultivo deverão contribuir para um maior efeito dos sais sobre as plantas no mundo, podendo afetar a água superficial, as águas subterrâneas, o fluxo entre elas e a quantidade de sal que elas contêm. A salinidade assume duas formas, classificadas como primária e secundária. Na salinização natural ou primária ocorre o acúmulo de sal por um longo período de tempo, resultado da intemperização das rochas ou dos sais oceânicos. A salinização secundária por sua vez é resultado de ação antrópica, em que a irrigação com água de alto acúmulo de sal tornou-se um agravante em áreas irrigadas, chegando a comprometer 30% dos projetos públicos de irrigação no Nordeste brasileiro (CODESVASF, 2017) e constituindo-se num grande problema para a agricultura.

Ao longo do seu ciclo de vida, todas as plantas sofrem uma série de estresses bióticos e abióticos que podem resultar na diminuição da produção. O estresse biótico contempla insetos, organismos causadores de doenças, invasoras e competição entre espécies enquanto que o abiótico envolve o estresse hídrico, inundação, alta temperatura, congelamento, vento, e injúria por sal, constituindo-se esse último em uma das mais importantes e perniciosas forma de degradação do solo, afetando 5% da terra agricultável no planeta (HASANUZZAMAN *et al.*, 2014).

As plantas ornamentais em geral, apresentam diferentes respostas quando submetidas ao estresse salino. Maciel *et al.* (2012) verificaram que com o aumento da salinidade da água, plantas de girassol ornamental cultivadas em hidroponia apresentaram redução linear na massa da matéria seca da parte aérea. Don *et al.* (2010) em estudo sobre a tolerância da gerbera (*Gerbera jamesonii L.*) ao estresse salino a níveis de 0, 10, 20, 30 e 40 mM por dez semanas, constataram que o aumento

da salinidade provocou diminuição significativa na biomassa do caule. Por outro lado, Villarino *et al.* (2011) pesquisando importantes espécies ornamentais como a *Verbena* (*Verbena x hybrida*), *petúnia* (*Petúnia x hybrida*), *coleus* (*Solenostemon scutellarioides*) e *begônia* (*Begonia hiemalis*), constataram que não houve redução significativa na altura, ao comparar 9,8 dS m<sup>-1</sup> ao controle 0. Acosta-Motos *et al.* (2016) em estudos com o arbusto ornamental *Myrtus communis* visando estabelecer a resistência dessas plantas à alta salinidade a longo prazo, constataram que altos níveis de condutividade elétrica no tratamento com água recuperada, não afetaram o crescimento da planta. Lousane *et al.* (2008) avaliando o impacto de uso de águas residuárias domésticas tratadas no desenvolvimento das espécies ornamentais *Heliconia psittocorum* e *Gladiolus hortulanus*, não observaram diferenças significativas no desenvolvimento dessas plantas. A resposta ao estresse salino vai depender não só das espécies (a capacidade de adaptação a ambientes salinos pode variar significativamente entre genótipos) mas também da concentração e tipo de sal.

As plantas podem desenvolver mecanismos fisiológicos e moleculares de adaptação. Cantabella *et al.* (2017) estudando plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni, verificaram o acúmulo de sódio (Na<sup>+</sup>) nas raízes, evitando a sua acumulação excessiva nas folhas; provavelmente isso pode ser indicativo de um transporte limitado para as brotações. O ajuste osmótico promovido pela planta a partir do aumento nas concentrações de Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, prolina e outros, também é uma importante ferramenta, sendo considerado o principal mecanismo de adaptação fisiológica que as plantas usam para lidar com o estresse salino (TURNER, 2018).

O estresse salino contempla as fases osmóticas e a do efeito tóxico (onde efetivamente os efeitos do sal são sentidos). Na primeira fase, a presença do sal diminui o potencial osmótico da solução do solo provocando o estresse hídrico e tornando mais difícil a absorção de água pela planta, afetando o crescimento; esse efeito acarreta mudanças nas relações hídricas no nível celular (CAPARRÓS *et al.*, 2018). Efeitos osmóticos estão associados com a inibição da extensão da parede celular e da expansão celular, que conduz à redução do crescimento da planta, ocorrendo mais acentuadamente nos tecidos jovens, nos pontos de crescimento.

A segunda fase considerada ideal para seleção de plantas é caracterizada pelo efeito tóxico, onde ocorre o acúmulo de íons especialmente sódio e cloreto, podendo afetar a absorção de nutrientes (RODRIGUES *et al.*, 2014) e outros processos fisiológicos importantes como a fotofosforilação, atividade de enzimas e a cadeia

respiratória. A assimilação, absorção e redução de  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$  constituintes do metabolismo do nitrogênio também são afetados (ASHRAF *et al.*, 2018).

A exposição salina conduz ao estresse oxidativo, podendo as plantas sofrerem lesões graves que no caso de ornamentais depreciam seu valor econômico; nesse tipo de estresse as principais fontes de geração das espécies reativas de oxigênio (ROS) na célula são mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomas (PUCCIARIELLO e PERATA, 2017).

Plantas submetidas ao estresse salino podem alterar o processo normal de floração, quer seja pelo seu retardo ou antecipação; ocorrendo a concentração excessiva de íons no solo, a floração é prejudicada por toxidez. Silva *et al.* (2017) avaliando o cultivo da roseira, constataram que diferentes níveis de salinidade do solo afetaram diretamente os botões florais.

Incluindo a homeostase iônica controlada, as plantas contemplam outros mecanismos adaptativos de enfrentamento ao estresse salino como o aumento da razão raiz/parte aérea e redução dos potenciais de água e condutância estomática (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2015). Melo *et al.* (2009) em estudo com a espécie ornamental *Catharanthus roseus* cv. 'Pacifica White' concluíram que a maior relação raiz/parte aérea a pleno sol em relação às plantas sombreadas indicam um efeito proeminente da irradiância mais alta.

#### **2.4 Mecanismos de tolerância ao estresse salino**

Submetida ao estresse salino, a planta modula a sua expressão gênica para se defender. Antes do estresse oxidativo (mecanismo enzimático e não enzimático), a planta pode ativar mecanismos de defesa envolvendo o componente osmótico e iônico o que pode conferir maior tolerância ao estresse. A formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), que incluem o radical superóxido, oxigênio singleto, radical hidroxila e peróxido de hidrogênio, todos citotóxicos às plantas (De GARA; FOYER, 2017), provoca o desequilíbrio entre a geração desses compostos e a capacidade de defesa das plantas, estabelecendo o estresse oxidativo e fazendo com que determinadas enzimas e componentes não enzimáticos da maquinaria antioxidante como a superóxido dismutase (SOD) atue na eliminação do superóxido por dismutação e a peroxidase (POX) e a catalase (CAT) realizem a eliminação do peróxido de hidrogênio

(SEWELAM *et al.*, 2016), protegendo a célula vegetal e sustentando o equilíbrio entre a produção e a desintoxicação de ROS.

Uma das mais importantes respostas de plantas glicófitas ao estresse salino, é o acúmulo de solutos de baixo peso molecular e orgânicos, tais como prolina, betaína, açúcares solúvel e outros, ocorrendo não só por causa da redução do tamanho da planta, mas também devido à síntese crescente. Esse acúmulo provoca o abaixamento do potencial osmótico, permitindo uma maior absorção e eficiência no uso de água pela célula, e dessa forma aumentando a tolerância à salinidade (FERNANDES *et al.*, 2010). A prolina atua na proteção do potencial redox celular, eliminando os radicais livres e, a partir da sua importância pressupõe-se ser possível estabelecer uma correlação direta entre o aumento do seu conteúdo e a tolerância ao sal (KAUR; ASTHIR, 2015). Estudos conduzidos por Rady *et al.* (2018) demonstraram que os osmoprotetores podem ajudar a planta superar o estresse salino; a aplicação foliar de glicina betaína promoveu o aumento significativo de antioxidantes não enzimáticos como a glutatona e ácido ascórbico e dos antioxidantes enzimáticos catalase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase.

Outro importante mecanismo de tolerância é quando a planta tenta tirar o sal da célula para o apoplasto ou compartimentaliza os íons sódio e cloreto dentro do vacúolo, ficando armazenados sem provocar problemas; essa é a estratégia bioquímica das plantas halófitas. Este ajuste osmótico permite que as plantas mantenham maior turgor sob estresse salino, fato esse importante pois a redução da pressão de turgor interfere nos processos de alongamento e divisão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O aumento do sistema de defesa tem sido relacionado com a tolerância ao estresse salino (HASANUZZAMAN *et al.*, 2014). Na literatura recente, existem referências ao efeito do estresse salino na atividade antioxidante em plantas ornamentais; estas publicações relatam um aumento na maquinaria antioxidante, como no estudo apresentado por Hurtado *et al.* (2020) com girassol (*Helianthus annuus* L.) submetido ao estresse salino, onde constatou-se aumento nas atividades de enzimas antioxidante com aplicação de silício (Si), diminuição na absorção de Na<sup>+</sup> e peroxidação lipídica e aumento no conteúdo relativo de água na folha e área foliar. Segundo os autores, o mecanismo de defesa antioxidante pode mediar ativamente alguns processos fisiológicos e bioquímicos importantes.

O uso de nanofertilizantes com ferro também tem sido pesquisado, demonstrando efeito positivo na melhoria da defesa antioxidante. Os resultados mostraram um aumento na área foliar, comprimento e peso fresco e seco de rebento e raiz. O conteúdo total de fenólicos, flavonóides e antocianinas, bem como a atividade das enzimas guaiacol peroxidase, ascorbato peroxidase, catalase e glutathione reductase foram aumentados na parte aérea e raiz das plantas (MORADBEYGI *et al.*, 2020).

A produção de carotenoide e o incremento nos teores de clorofila “a” (a sua diminuição sob estresse salino tem sido considerada um sintoma de estresse oxidativo e a sua degradação diz respeito ao efeito tóxico do cloreto) ativada por mecanismo de proteção ao aparato fotossintético são também importantes estratégias de tolerância à salinidade.

Em plantas transgênicas, foram observadas maiores atividades da superóxido dismutase, catalase e peroxidase do que no tipo selvagem sob condições estressadas, com menor acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS). Em estudos com as Proteínas Universais de Estresse (USPs) reconhecidamente responsivas aos estresses ambientais, Gou *et al.*, (2020) identificaram um novo USP (MfUSP1) cujo transcrito é induzido pela salinidade e outros fatores. O estudo sugere que MfUSP1 confere tolerância a múltiplos estresses abióticos, regulando a defesa antioxidante e o acúmulo de prolina sob condições de estresse. A ativação e regulação de genes específicos relacionados ao estresse abiótico faz parte do mecanismo de controle molecular.

A inoculação de isolados de fungos e bactérias tem indicado efeito positivo significativo nos parâmetros bioquímicos e fisiológicos das plantas, reduzindo os efeitos negativos do estresse salino com o aumento das enzimas antioxidantes e a atividade de eliminação de radicais livres, o acúmulo de fenol e flavonóides e as concentrações totais de glicose e prolina (FAROUI *et al.*, 2020).

## **2.5 Efeitos da luminosidade sobre o crescimento das plantas**

Um fator de grande importância para o desenvolvimento das plantas ornamentais e a produção de flores é a radiação solar, representada por sua intensidade, duração e qualidade. Determinadas plantas só alcançam altas taxas fotossintéticas com elevada intensidade luminosa; outras, no entanto, mesmo vivendo

à sombra, atingem a máxima taxa de fotossíntese com pouca intensidade. As plantas também são capazes de fotossintetizar durante longos períodos de luz, sem declínio significativo. A qualidade da luz está associada ao comprimento de onda, sendo reconhecidos dois picos para a fotossíntese: um próximo a 655 nm (luz vermelha) e outro próximo de 450 nm (luz azul); como as plantas sombreadas recebem menos luz e de inferior qualidade as suas taxas fotossintéticas são mais baixas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O espectro solar pode variar de acordo com a hora do dia, a estação, o clima e a localização geográfica. O desenvolvimento das plantas ornamentais é influenciado pelo tempo de exposição à luz, na condição de Sombra ou Luz Difusa (que contempla luz solar ao longo do dia sem incidência direta de raios solares), à Meia Sombra (com aproximadamente 3 horas por dia de incidência direta de raios solares e no restante do dia luz solar indireta) e Sol Pleno (com mais de 6 horas por dia de incidência direta de raios solares). Os sistemas de coleta dessa luz e a conversão de energia podem ser afetados pela menor perda de água pelas plantas, alterando a atividade dos cloroplastos (CHAVES *et al.*, 2011).

Gazolla-Neto *et al.* (2013) avaliando o efeito da luminosidade sobre o desempenho de plantas de *Solanum americanum Mill*, constataram que diferentes níveis de luminosidade influenciaram distintamente o crescimento e a plasticidade dessas plantas. Suficiente plasticidade de desenvolvimento possibilita melhor condição de adaptação a uma amplitude de regimes de luz, crescendo como plantas de sol em áreas ensolaradas e como plantas de sombra em ambientes sombrios.

A luminosidade é um importante fator no crescimento da planta por impulsionar o processo fotossintético, regular a morfologia vegetal, a fisiologia e o conteúdo fitoquímico (SPALHOLZ *et al.*, 2020). O limite da intensidade da fotossíntese juntamente com outros processos fisiológicos como respiração, transpiração e uso de água é indicado pela quantidade de radiação solar que atinge a planta.

Alta luz solar é capaz de causar sérios danos ao maquinário fotossintético das plantas. Níveis de luminosidade alterados podem colocar em risco a produtividade do vegetal através de interferências que podem ocorrer em respostas anormais de crescimento, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas. Além disso, a absorção de luz solar excessiva provoca também a formação de espécies reativa de oxigênio, pelo complexo de captação de luz (GURURANI *et al.*, 2015). A biosfera recebe energia solar composta de radiações de diferentes comprimentos de onda que variam entre

200 a 4000 nm. A energia radiante efetivamente disponível para a fotossíntese a chamada Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), se encontra nas radiações de comprimento de onda entre 400 e 700 nm.

## 2.6 Interação salinidade x luminosidade

As plantas apresentam diferentes respostas quanto a tolerância à salinidade e sombreamento, refletindo no crescimento e desenvolvimento. Nogueira Filho *et al.*, (2012) constataram a ocorrência da interação entre ambiente e salinidade na altura das plantas, evidenciando uma dependência entre os fatores.

Plantas expostas a pleno sol e submetidas a estresse salino tem maior redução no crescimento (FREITAS *et al.*, 2012). As espécies de plantas adaptadas à sombra possuem folhas mais finas, com menos camada de células, maior concentração de pigmentos e maior área foliar específica, possibilitando sua sobrevivência na condição de menor quantidade de luz. Por sua vez, as plantas de sol possuem folhas mais espessas, menores, células paliçádicas mais longas e maiores valores de assimilação de CO<sub>2</sub> e condutância estomática (ROSSATTO *et al.*, 2010). Plantas de sombra e sol, também diferem em suas taxas respiratórias.

De acordo com Caparrós *et al.* (2018) o sombreamento, o enriquecimento de CO<sub>2</sub>, o gerenciamento eficiente da irrigação, e a aplicação exógena de nutrientes e osmólitos são métodos que amenizam os danos causados pelo estresse salino, ao mesmo tempo que melhoram o valor ornamental. Carneiro *et al.* (2007) em trabalho com a bromélia espécie *Dyckia goehringii* também constataram que o sombreamento (nível de 50%) proporcionou qualidade de plantas desejáveis.

Nas últimas décadas, as redes de proteção de plástico como materiais de sombreamento têm sido utilizadas em regiões quentes e ensolaradas, apresentando vantagens ambientais e benefícios econômicos (AL-HELAL; ABDEL-GHANY, 2011). Estudos importantes têm demonstrado que o sombreamento é um atenuante da salinidade. Lima *et al.* (2018) em trabalho com mudas de avelã *Sterculia foetida* L.) uma árvore introduzida no Brasil como planta ornamental, verificaram que o controle da disponibilidade da luz solar associado às condições de salinidade da água de irrigação potencializou o enraizamento e a sobrevivência das mudas no campo. Santos *et al.* (2020) avaliando o cultivo da rúcula (*Eruca sativa*) cultivar Apresiasi constataram que a exploração dessa cultura sem perdas consideráveis é

possível na salinidade da água de irrigação até 1,4 dS m<sup>-1</sup> sob sombreamento de 50%. Souza *et al.* (2017) pesquisando a produção de mudas de noni (*Morinda citrifolia*) observaram que as plantas cultivadas sob condições de telado se mostraram mais tolerantes à salinidade do que as cultivadas a céu aberto.

Malhas de sombreamento de diferentes cores têm sido estudadas em ambientes protegidos. Holcman *et al.* (2012) avaliando elementos microclimáticos em trabalho com bromélias, constataram que o tratamento sem malha e a malha vermelha proporcionaram os maiores valores de transmitância de radiação solar global, respectivamente 56,3 e 27%; a menor transmitância de radiação ocorreu na malha preta cerca de 10,4% e a maior temperatura do ar foi observada sob malha azul em média 1,3 °C superior à do ambiente externo. Melo *et al.* (2008) em estudos com plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacifica White' verificaram que o sombreamento altera significativamente a distribuição de matéria seca, e o uso de malhas de diferentes cores modifica o conteúdo de pigmentos fotossintéticos dessa espécie.

A intensidade luminosa pode influenciar na qualidade ornamental das plantas. Zhang *et al.* (2018) pesquisando a *begonia semperflorens*, constataram que essa planta pode se adaptar a 87% de sombreamento e o número de flores aumentou sob 25-75% de sombra, preservando a qualidade ornamental. Intensidade diferenciada de luz pode influenciar nas características morfológicas e fisiológicas das plantas.

Devido a capacidade em ajustar rapidamente o seu comportamento fisiológico, a maioria dos vegetais desenvolve capacidade para habituar-se às diferenciações de luminosidade e temperatura, a fim de regularizar a abertura e fechamento estomático. Mesmo sob luz moderada, se o excesso não for adequadamente dissipado, a geração de substâncias reativas de oxigênio (ROS) é capaz de provocar danos ao DNA e promover a peroxidação lipídica e oxidação de proteínas (MITTLER, 2017); essa situação pode ser um agravante em condições de salinidade.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e características da área experimental**

O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) no Campus do Pici pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) na cidade de Fortaleza-CE, situada nas coordenadas geográficas 03° 44' de latitude Sul e 38° 33' de longitude oeste, numa altitude média de 20 metros. A classificação climática para o município de Fortaleza é do tipo Aw' pela classificação de Köppen (tropical chuvoso) e a precipitação média anual é da ordem de 1523 mm, com distribuição de chuva irregular (SOUSA *et al.*, 2010).

Dados diários de temperatura média, umidade relativa do ar e radiação solar global foram coletados da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia, distante cerca de aproximadamente 9,0 km da área do experimento. A temperatura média durante o período experimental foi de 27,8 °C e a umidade relativa do ar média foi 66,5%. Durante a realização do experimento a radiação solar global na Cidade de Fortaleza alcançou a média de  $17,9 \pm 3,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , sendo este o valor de referência para o ambiente a pleno sol. Para os demais ambientes os valores médios estimados foram de 12,53; 8,95 e 5,37  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente para 30, 50 e 70% de sombreamento.

#### **3.2 Características químicas e físicas do substrato**

Foi utilizado um substrato contendo uma mistura de areia e húmus na proporção de 3:1, cuja amostra foi enviada ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFC para determinação dos atributos físicos e químicos (Tabela 1) pelos métodos descritos em EMBRAPA (2011).

Tabela 1 – Características químicas e físicas do substrato utilizado no cultivo das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*

C.O.	pH (H <sub>2</sub> O)	CE <sub>es</sub>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+ Al)	S	T	
g Kg <sup>-1</sup>	(1: 2,5)	dS m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						g Kg <sup>-1</sup>		
8,58	5,8	0,26	3,60	3,40	1,12	1,53	0,25	2,15	9,7	11,8	
P	N	V	C/N	m	PST	Areia			Silte	Argila	
mg dm <sup>-3</sup>	g Kg <sup>-1</sup>	%	-	%	%	g Kg <sup>-1</sup>					
32,0	0,91	82	9	3	13	800			123	77	

C.O.- carbono orgânico (método Walkley-Black); CE<sub>es</sub>- condutividade elétrica do extrato de saturação; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>(extração em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al [extração em Ca (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0]; Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, P (extração por Mehlich-1); S- soma de bases; T- capacidade de troca de cátions [S+(H+Al)]; V- saturação por bases.

### 3.3 Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subsubdivididas, com cinco repetições, sendo as parcelas referentes ao fator ambiente (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento); as subparcelas aos níveis de salinidade na água de irrigação - CE<sub>a</sub> (0,5; 2,0; 3,5; e 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e as subsubparcelas às espécies *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*, totalizando 160 parcelas, com dois vasos cada uma (uma planta por vaso), totalizando 320 unidades experimentais.

### 3.4 Condução do experimento e tratos culturais

As mudas das espécies *Euphorbia milii* (transplantadas com 4 a 6 folhas definitivas) e *Zamioculcas zamiifolia* (transplantadas com idade de 6 a 8 meses) foram selecionadas com base na uniformidade das características altura, diâmetro do caule, número de hastes e estado fitossanitário, sendo posteriormente transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 7 litros inicialmente preenchidos com uma camada de 3 cm de brita nº zero e completado o volume com o substrato composto de areia e húmus na proporção de 3:1 (Tabela 1).

As plantas foram expostas a quatro níveis de sombreamento: 0 (pleno sol) e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (Figura 3). Após transplantadas, as mudas passaram por um período de aclimação durante 15 dias com irrigação com água não salina para que seu estabelecimento não fosse comprometido. Após esse

período, as plantas passaram a ser irrigadas com água salina correspondente aos diferentes tratamentos, durante 60 dias.

Figura 3 – Ambientes telados e a pleno sol utilizados no experimento



Fonte: o autor

Aos 15 dias após o transplântio, foram iniciadas as irrigações com as soluções salinas de 0,5; 2,0; 3,5 e 5,0 dS m<sup>-1</sup> preparadas a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, de modo a se obter proporção equivalente entre Na:Ca:Mg de 7:2:1.

As irrigações foram realizadas de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo. Os vasos foram irrigados a cada 2 dias, mantendo-se uma fração de lixiviação de 15% uma vez por semana, para que a água pudesse percolar pelos orifícios da extremidade inferior. Para cada tratamento foi utilizado um vaso como lisímetro de drenagem, de modo a se obter os volumes de água para cada tratamento em cada evento da irrigação.

Na adubação de fundação foi utilizado 1 grama por vaso da fórmula 10-10-10 (N-P-K) (SIMÕES *et al.*, 2020) e para cobertura uma adubação na dosagem de 1 grama por vaso da mesma formulação, aos 5 dias após o transplântio. Complementando essas adubações foi feita uma aplicação via foliar com o organomineral Torped, visando suprir os micronutrientes e garantir níveis satisfatórios dos elementos essenciais. O controle de pragas se limitou a catação manual de algumas lagartas, fato ocorrido somente no ambiente a pleno sol. No tocante às plantas invasoras, a eliminação também procedeu de forma manual.

### 3.5 Variáveis avaliadas

#### 3.5.1 Análise de crescimento: Medidas biométricas

As medidas biométricas foram efetuadas aos 15, 30, 45 e 60 dias após o início da aplicação das soluções salinas. A altura da planta foi mensurada com auxílio de uma trena graduada em centímetros, enquanto que para determinação do diâmetro do caule (sempre no colo da planta) utilizou-se um paquímetro digital com resolução de 0,1 mm (Figura 4). A contagem do número de hastes foi feita manualmente considerando desde a base até o ápice da planta.

Figura 4 – Mensuração do diâmetro do caule com paquímetro digital



Fonte: o autor

A área foliar expressa em  $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , foi determinada aos 60 dias após o início da aplicação dos tratamentos, utilizando-se um integrador de área (Area meter, LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA) (Figura 5) pertencente ao Laboratório da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará. A área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) foi determinada pela relação entre a área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e a biomassa seca foliar (g).

Figura 5 – Integrador de área foliar



### 3.5.2 Produção e partição de biomassa

Aos 60 dias após o início dos tratamentos salinos (DATS) as plantas foram coletadas nos dois vasos de cada parcela experimental para obtenção da biomassa seca total, a qual foi expressa em gramas por planta. Para tanto, as plantas amostradas foram separadas em suas diversas partes: raiz, caule, folhas e flores. Para a espécie *Zamioculcas zamiifolia* a parte subterrânea considerada foi a soma de raízes e rizomas. As amostras desses órgãos foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa a 65 °C, onde permaneceram até atingir peso constante, determinando-se o peso seco. Com os dados de biomassa das diferentes partes da planta, foram estimadas as razões de massas (partição de biomassa) das raízes ou raízes+rizomas, folhas, caule+ramos e flores, tendo como referência a biomassa seca total da planta.

### 3.5.3 Análise química do tecido vegetal

Para determinação do estado nutricional, folhas das espécies *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Willey para determinação dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e do sódio (Na). As amostras foram submetidas à digestão nitricoperclórica para determinação das concentrações de fósforo (P) por fotolorimetria; de potássio (K) e sódio (Na) por fotometria de chama (SARRUGE; HAAG, 1974); de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por espectrofotometria de absorção atômica (BRAGA; DE FELIPO, 1974) e a de enxofre (S) por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958). Para a determinação da concentração de nitrogênio total (N), realizou-se a digestão sulfúrica do material vegetal pelo método Kjeldahl (NOKIHARA; YASUHARA, 2001).

### 3.5.4 Trocas gasosas foliares

As medições das taxas de fotossíntese (*A*), condutância estomática (*gs*), e transpiração (*E*), foram realizadas aos 50 e 51 dias após o início dos tratamentos (DATS) em folhas totalmente expandidas do terço médio das plantas. Essas medições foram realizadas no período de 8:00 às 10:30 h da manhã, utilizando-se o analisador

portátil de gases no infravermelho, IRGA, modelo Li - 6400XT (Portable Photosynthesis System - LI) da LICOR® (Figura 6), sob condições ambientes de temperatura e umidade relativa do ar, com concentração de CO<sub>2</sub> constante (400 ppm). Nas medições realizadas aos 50 dias utilizou-se luz saturante de 1350  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para todos os tratamentos. A intensidade luminosa utilizada nas medições realizadas aos 51 DATS simulou as condições de cada ambiente, com valores de 1350, 945, 675 e 405  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente para os ambientes a pleno sol, 30% 50% e 70% de sombreamento.

Figura 6 – Analisador de gases – IRGA na avaliação das trocas gasosas



Fonte: o autor

### 3.5.5 Índice de tolerância à salinidade

As reduções na produção da biomassa seca da parte aérea, das raízes, biomassa total e taxa de fotossíntese (obtida com luz simulada de cada ambiente), foram estimadas em relação ao menor nível de salinidade (redução em percentual), conforme a equação abaixo proposta por Fageria *et al.* (2010) e Soares Filho *et al.* (2016) as quais foram utilizadas como índices para comparar a tolerância das duas espécies estudadas nos diferentes ambientes (Tabela 2):

$$RP = \frac{PSTS - PCTS}{PSTS} .100$$

Onde,

RP - Redução da produção;

PSTS - Produção no tratamento irrigado com água não salina e a pleno sol;

PCTS - Produção nos tratamentos irrigados com água salina e diferentes níveis de sombreamento.

Tabela 2 – Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade

Redução da Produção (%)	Classificação
0-20	Tolerante (T)
20,1-40	Moderadamente Tolerante (MT)
40,1-60	Moderadamente Sensível (MS)
>60	Sensível (S)

Fonte: Fageria *et al.* (2010)

### 3.5.6 Análise Sensorial

Segundo Georgione (2007) a estética é um critério específico para plantas ornamentais. A qualidade visual é um componente importante do valor comercial da horticultura ornamental, que pode ser analisada por método de análise sensorial. A análise da qualidade visual (sensorial) das plantas foi realizada de acordo com Neves *et al.* (2018) e Ureña *et al.* (1999). Aplicada na UFC e contando com a participação de estudantes universitários, professores e servidores, a pesquisa procurou obter opinião sobre a qualidade das plantas em termos de aparência e preferência do consumidor. Participaram da pesquisa 45 pessoas, sendo 63% do sexo masculino e 37% do sexo feminino, com idade entre 18 e 35 anos (80%), 36 a 55 anos (11%) e 56 a 70 anos (9%).

Os julgadores participaram da análise sensorial (Figura 7) pontuando segundo critérios da escala hedônica para aparência geral, com nove pontos numéricos: desgostei extremamente (nota 1); desgostei muito (2); desgostei moderadamente (3); desgostei ligeiramente (4); indiferente (5); gostei ligeiramente (6); gostei moderadamente (7), gostei muito (8) e gostei extremamente (9). Participaram também do método afetivo (teste de preferência) em que se faz a seguinte pergunta aos avaliadores: “Em sua opinião como consumidor qual das plantas você compraria”?

Figura 7 – Análise sensorial realizada no Campus do Pici



Fonte: o autor

As amostras foram separadas por espécie, ambiente (pleno sol, e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e salinidade (0,5, 2,0, 3,5 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>), totalizando 32 plantas, sendo 16 de cada espécie. Cada ambiente foi representado por 4 plantas de diferentes salinidades

### 3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância para avaliação dos efeitos isolados e da interação entre fatores. Os efeitos dos níveis de salinidade da água e grau de sombreamento foram testados em análise de regressão, sendo o modelo escolhido pelo R<sup>2</sup> ajustado e a significância dos coeficientes da equação. Foi utilizado o teste de Tukey para comparação entre as espécies. As análises estatísticas foram executadas pelo software SigmaPlot 11.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de crescimento: medidas biométricas

De acordo com a tabela 3 a interação dupla ambiente x espécie (A x C) apresentou efeito significativo sobre as variáveis altura das plantas e área foliar específica. O diâmetro do caule foi influenciado pela interação salinidade x espécie (B x C). A interação tripla ambiente x salinidade x espécie (A x B x C) não exerceu efeito significativo sobre essas variáveis, que foram influenciadas pelos efeitos isolados do ambiente e/ou salinidade da água de irrigação.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade.

FV	GL	Quadrados médios			
		AP	DC	AF	AFE
Ambiente (A)	3	3,83*	9,93 <sup>ns</sup>	1032485,25**	28015,57*
Resíduo (a)	12	0,53	5,23	94846,57	547,72
Salinidade (B)	3	0,42 <sup>ns</sup>	105,53**	1132394,71**	2040,89 <sup>ns</sup>
A x B	9	1,01 <sup>ns</sup>	13,64 <sup>ns</sup>	100660,73 <sup>ns</sup>	1635,99 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	0,59	3,06	87663,32	1073,89
Espécie (C)	1	1590,60**	9250,59**	44753931,3**	475682,59*
A x C	3	5,04*	1,38 <sup>ns</sup>	103382,99 <sup>ns</sup>	12536,59*
B x C	3	1,01 <sup>ns</sup>	75,29**	46944,17 <sup>ns</sup>	1063,15 <sup>ns</sup>
A x B x C	9	0,69 <sup>ns</sup>	10,12 <sup>ns</sup>	37731,39 <sup>ns</sup>	1050,80 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	64	0,58	5,23	105183,05	1086,57
CV (a) (%)	-	7,61	13,22	25,31	14,87
CV (b) (%)	-	8,05	10,11	24,33	20,82
CV (c) (%)	-	7,99	13,21	26,65	20,95

FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

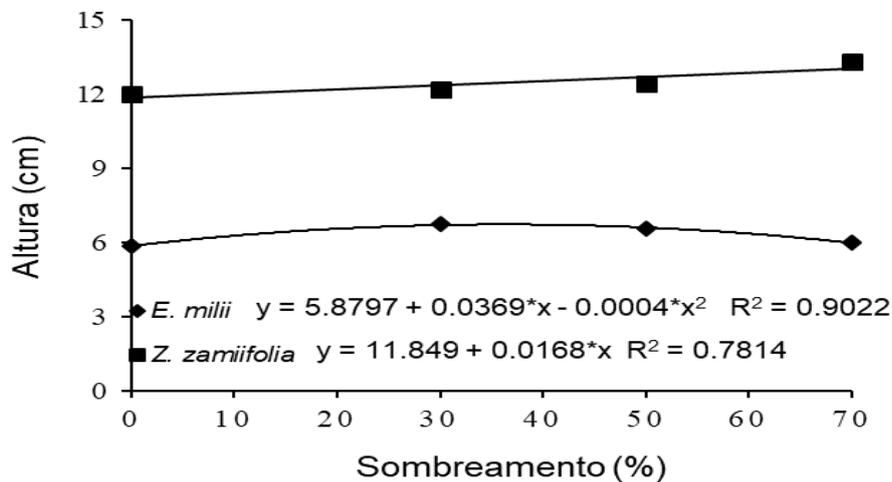
Fonte: o autor

#### 4.1.1 Altura das plantas

Para a variável altura das plantas (AP) apenas o sombreamento teve efeito significativo ( $p < 0.05$ ), não havendo influência da salinidade. De acordo com a Figura 8, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para demonstrar o efeito do sombreamento sobre a altura das plantas de *Euphorbia milii* nos diversos ambientes

pesquisados. Conforme o modelo matemático, a máxima altura foi estimada no nível de sombreamento equivalente a 46,1%, com tendência de decréscimo em maiores níveis de sombreamento. Tal fato pode ser justificado, por ser a *E. milii* uma planta de sol característica de ambientes de alta intensidade luminosa. Fava *et al.* (2015) em estudos com a espécie ornamental *Strelitzia reginae* constataram aumento na altura das hastes até 30% de sombreamento; essa espécie assim como a *E. milii* também é cultivada a pleno sol e floresce o ano todo em clima quente.

Figura 8–Altura das Plantas (AP) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.



Fonte: o autor

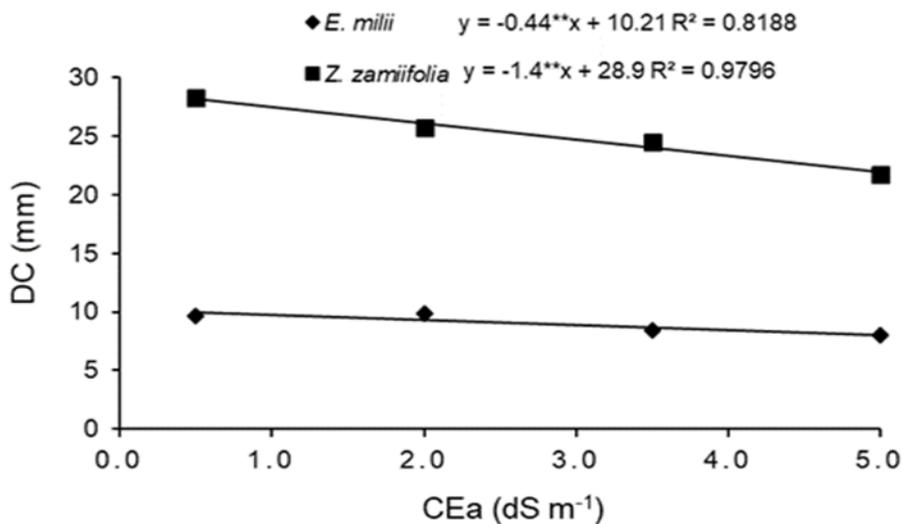
De forma diferente, a altura da *Zamioculcas zamiifolia* aumentou linearmente com o sombreamento, porém, a diferença entre pleno sol e 70% de sombra foi de apenas 10% (Figura 8). Esse resultado aproxima-se ao obtido por Jeong *et al.* (2009) que verificaram crescimento e qualidade para espécies de begônia sob sombreamentos entre 62% e 76%. O sombreamento contribui para redução da temperatura do ar e aumento da umidade relativa, com efeito positivo no crescimento.

O crescimento em altura nos ambientes sombreados é considerado uma resposta morfogênica típica, com maior partição de biomassa para a parte aérea das plantas (FALSTER *et al.*, 2018). Segundo Dousseau *et al.* (2007) a eficiência do crescimento em diferentes condições de radiação está relacionada à capacidade da planta em ajustar a alocação de biomassa e o seu comportamento fisiológico.

#### 4.1.2 Diâmetro do Caule

O diâmetro do caule (DC) foi influenciado pela interação entre salinidade e espécie ( $p < 0,05$ ). As plantas da espécie *Euphorbia milii* tiveram o DC reduzido linearmente com o acréscimo da condutividade elétrica da água de irrigação. Foi observado um declínio no DC da ordem de 19,8% quando se compara o maior nível de salinidade e o controle (Figura 9).

Figura 9 – Diâmetro do Caule (DC) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa



Fonte: o autor

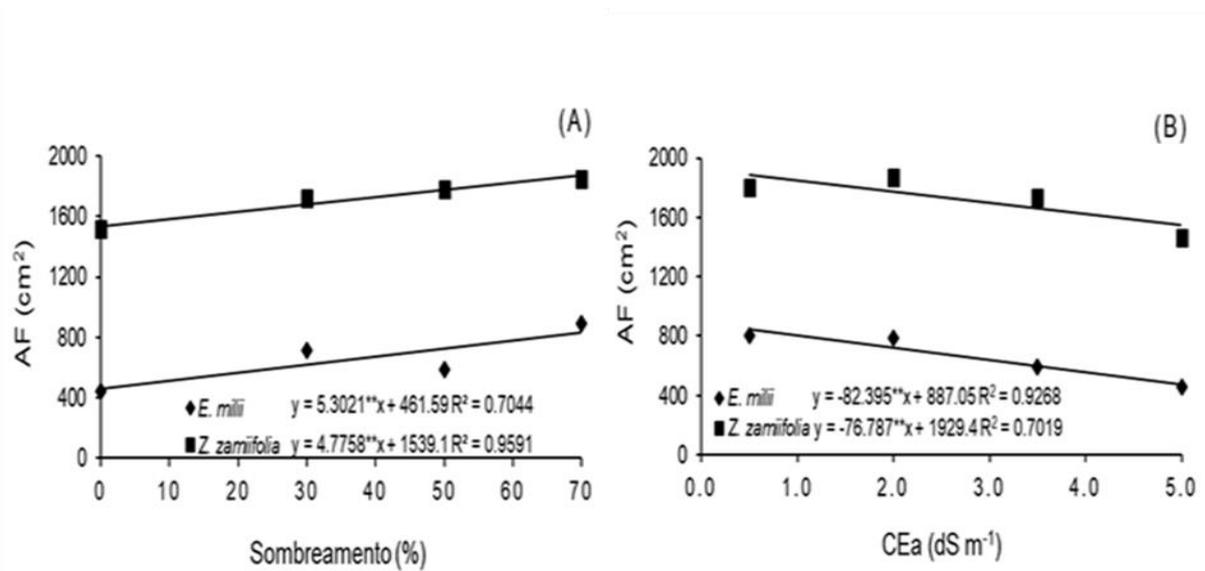
A relação entre os níveis de salinidade aplicados e o diâmetro do caule (DC) das plantas de *Zamioculcas zamiifolia* foi de decréscimos lineares com o incremento da salinidade na água de irrigação. Foram constatadas perdas relativas de 22,3%, nas plantas irrigadas com 5,0 dS m<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle (Figura 9). A redução do diâmetro provocada pela salinidade tem sido amplamente relatada em diversos estudos, sendo consequência dos efeitos osmóticos e iônicos que impactam os processos de divisão e expansão celular (MUNNS; TESTER, 2008). Santos Júnior *et al.* (2016) analisando o comportamento do crescimento de flores de corte de girassóis ornamentais sob níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva (1,7 dS m<sup>-1</sup> – testemunha; .4,3; 6,0 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e cultivadas em um módulo hidropônico de

baixo custo, verificaram redução no diâmetro do caule de 41% aos 49 dias após o semeio. Li *et al.* (2015) em estudos sobre a rosa chinesa, também constataram efeitos adversos da salinidade sobre o diâmetro do caule. Bezerra *et al.* (2020) avaliando o crescimento inicial de plântulas de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.), verificaram redução no diâmetro do caule com o incremento da salinidade.

#### 4.1.3 Área foliar e área foliar específica

A área foliar (AF) das espécies ornamentais estudadas aumentou linearmente em função do sombreamento. As plantas de *Euphorbia milii* cultivadas sob 30%, 50% e 70% de sombreamento apresentaram incrementos na AF de 34,4%, 57,4% e 80,4% respectivamente quando comparadas às plantas cultivadas a pleno sol; a mesma resposta foi verificada para a espécie *Zamioculcas zamiifolia*, com aumento da AF da ordem de 9,3%, 15,5% e 21,7% respectivamente (Figura 10A).

Figura 10–Área Foliar (AF) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).



Fonte: o autor

Segundo Almeida *et al.* (2005) as plantas quando cultivadas em ambientes sombreados tendem a apresentar maior crescimento da superfície foliar, sendo que

esse ganho de área leva as espécies a uma maior absorção de raios solares, compensando a redução da luminosidade. Souza *et al.* (2016) em estudos sobre alterações morfofisiológicas e crescimento de helicônias, também constataram que ambientes sombreados incrementaram significativamente a área foliar. Contrariamente à planta de sombra que necessita desenvolver folhas maiores como mecanismo compensatório à baixa condição de luz, as plantas de sol por dispor desse recurso abundantemente investem mais no número de folhas, aumentando a sua capacidade fotossintética e produção de fotoassimilados. De acordo com Rossato *et al.* (2010) as plantas de sol apresentam maiores valores de assimilação de CO<sub>2</sub> em base de área, condutância estomática (gs) e rendimento quântico do fotossistema II.

A salinidade exerceu efeitos negativos na AF das espécies ornamentais estudadas (Figura 10B), promovendo redução linear em função da CEa. Com acréscimo nos teores de sais na água de irrigação, verificou-se uma redução na AF da *Euphorbia milii* de 43,5% e de 18,2% na *Zamioculcas zamiifolia* nas plantas submetidas ao nível de salinidade de 5,0 dS m<sup>-1</sup> quando comparado ao controle. Uma resposta característica ao estresse salino é a redução da área foliar pela ação rápida e deletéria do sal. De acordo com Acosta-Motos *et al.* (2017) essa redução é um mecanismo para evitar a perda de água por transpiração, o que pode favorecer a retenção de íons tóxicos nas raízes, limitando o seu acúmulo nas brotações; entretanto, a redução da área foliar pode implicar na diminuição das taxas fotossintéticas com redução da área de captação e fixação de CO<sub>2</sub>. A redução da área foliar ocorre devido à mudança nas propriedades da parede celular. Diminuição do potencial hídrico do solo e o estresse osmótico são distúrbios provocados pela elevada salinidade que resulta na inibição do alongamento celular (CASSANITI *et al.*, 2012).

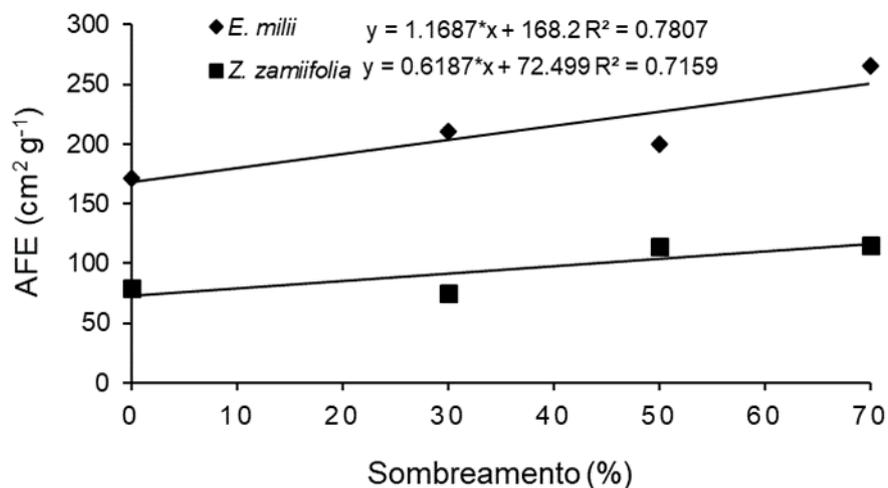
Navarro *et al.* (2007) também verificaram redução significativa da AF em ambiente protegido, quando plantas de *Arbutus unedo* foram submetidas a três tratamentos de irrigação utilizando soluções salinas com NaCl nas doses 0mM, 52mM e 105 mM, correspondendo as condutividades elétricas de 0,85 dS m<sup>-1</sup> (tratamento testemunha), 5,45 dS m<sup>-1</sup> e 9,45 dS m<sup>-1</sup>, por um período de 16 semanas.

Bellot *et al.* (2013) estudando as ornamentais *Euonymus japonica* (*euonymus*) e *Viburnum tinus* (*laurustinus*) submetidas por vinte semanas aos tratamentos Controle (CE <0,9 dS m<sup>-1</sup>), Solução de NaCl (CE: 4 dS m<sup>-1</sup>) e águas residuais (CE: 4 dS m<sup>-1</sup>), constataram que a área foliar total, a biomassa e o número de folhas das

plantas submetidas aos tratamentos com solução salina foram menores que no controle ao final de ambos os períodos em ambas as espécies.

Aumentos lineares da área foliar específica (AFE) das plantas de *Euphorbia milii* foram observados com a elevação nos níveis de sombreamento. O tratamento sob 70% de sombra proporcionou maior AFE, com aumento de 48,9% quando comparado com o tratamento a pleno sol (0% de sombreamento) (Figura 11).

Figura 11 – Área Foliar Específica (AFE) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.



Fonte: o autor

Respostas semelhantes foram verificadas para a espécie *Zamioculcas zamiifolia* com aumento de 60% em relação ao controle (Figura 11). Esse resultado aproxima-se ao alcançado por Dolatkahi *et al.* (2013) em trabalho com *Rosa hybrida* cv. Avalanche, onde constataram um aumento na área foliar específica com o incremento da porcentagem de sombreamento em 65% de sombra.

Em condições de baixa luminosidade, as plantas tendem a investirem mais fotoassimilados e outros recursos no aumento da área foliar, impulsionando incrementos na AFE. Alterações anatômicas que podem ocorrer nas plantas sombreadas, também favorecem o aumento da AFE (GOBBI *et al.*, 2011).

#### 4.1.4 Número de flores e número de hastes

Para as variáveis número de flores (inerente apenas à espécie ornamental *Euphorbia milii*) e número de hastes (inerente à espécie *Zamioculcas zamiifolia*) foram verificados efeito significativo do fator isolado ambiente.

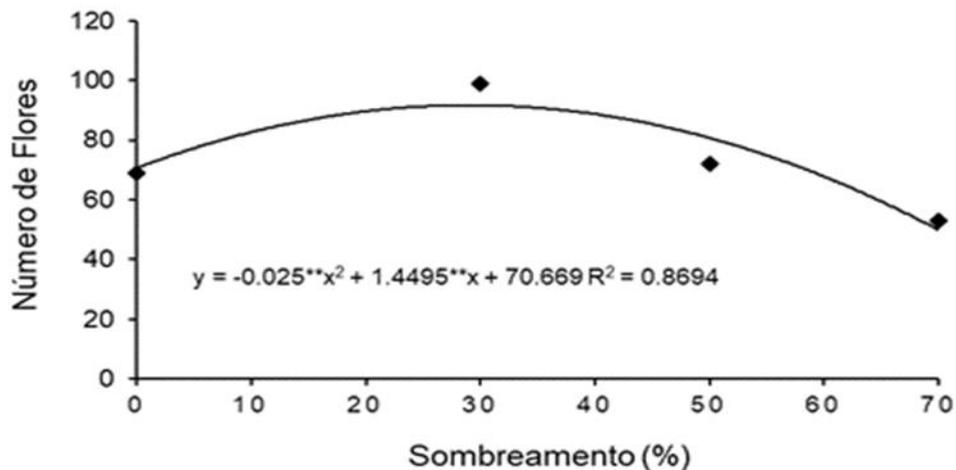
Tabela 4 – Resumo da análise de variância para o número de flores (NF) da espécie ornamental *Euphorbia milii*, e número de hastes (NH) da espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia*, cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.

FV	GL	Quadrados médios	
		Número de flores	Número de hastes
Ambiente (A)	3	8513,16**	7,24*
Resíduo (a)	12	190,06	1,99
Salinidade (B)	3	1563,70 <sup>ns</sup>	4,57 <sup>ns</sup>
A x B	9	623,86 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	468,60	2,10
CV (a) (%)	-	19,03	19,8
CV (b) (%)	-	29,88	20,31

FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

O número de flores das plantas da espécie *Euphorbia milii* diminuiu nos maiores níveis de sombreamento, ajustando-se a um modelo quadrático. O tratamento sob 30% de sombreamento proporcionou produção máxima de flores, com decréscimo nos níveis de sombreamento subsequentes (50% e 70%) da ordem respectivamente de 12% e 45,8% (Figura 12).

Figura 12 – Número de flores da espécie ornamental *Euphorbia milii* cultivada a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.



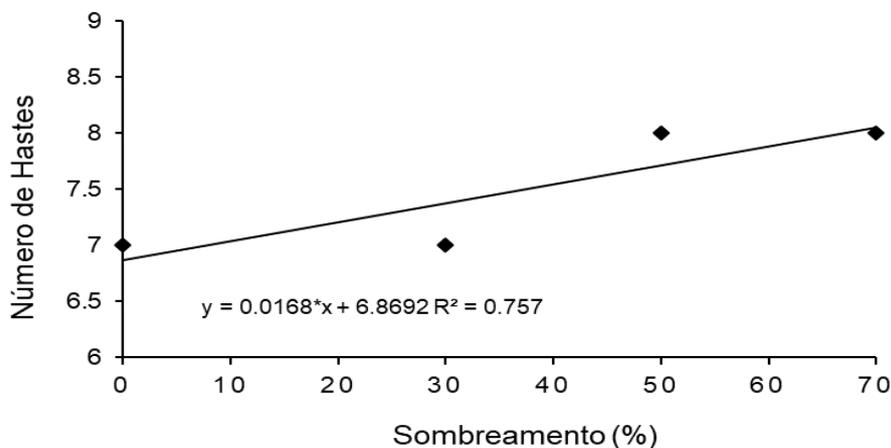
Fonte: o autor

Mesmo sendo a *E. mili* uma planta característica de ambientes com intensidade luminosa, a performasse não totalmente satisfatória na produção de flores dessa espécie no ambiente a pleno sol, pode estar associada a um estresse luminoso, ocorrendo um desequilíbrio entre a captação de luz pelos pigmentos e consequentemente afetando a atividade fotossintética das plantas (WILLADINO; CAMARA, 2010). Essa espécie só emite floração satisfatória até 30% de sombreamento, sendo esse o ponto de equilíbrio entre um adequado número de flores e de folhas; aumento nos níveis de sombra provocam alterações no comportamento fisiológico da planta que passa a investir mais em folhas que em flores, fato esse comprovado nesse estudo visto que no ambiente com 70% de sombreamento a planta apresentou um aspecto mais copado (comprovado pelo aumento da área foliar e percentual de participação na massa seca total), de menor rigidez e aparentemente de maior vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças.

Zhao *et al.* (2012) em estudo sobre a flor de peônia herbácea (*Paeonia lactiflora* Pall), constataram que o sombreamento promoveu redução na capacidade fotossintética, diminuindo os teores de açúcares solúveis e proteína solúvel, provocando como consequência atraso na data de floração inicial, tempo de floração prolongado e peso fresco reduzido da flor.

A produção de hastes da espécie *Zamioculcas zamiifolia* aumentou linearmente com o sombreamento, verificando-se um maior número nas plantas cultivadas sob 70% de sombra (Figura 13).

Figura 13 – Número de hastes da espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia* cultivada a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento.



Fonte: o autor

A menor transmitância de radiação proporcionado por ambientes sombreados com malha preta (contemplada no experimento) pode influenciar no número e nas dimensões das hastes florais. Nesse mesmo nível de sombreamento (70%), Nomura *et al.* (2009) também constataram maior número médio de hastes florais em plantas de antúrio (*Anthurium andraeanum* Lind.), uma espécie de grande valor ornamental.

## 4.2 Produção de Biomassa

As variáveis massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total e massa seca das flores (essa inerente apenas à *E. milii*) foram influenciadas significativamente pelos fatores isolados salinidade e/ou espécie. A interação dupla salinidade x espécie (B x C) exerceu efeito significativo sobre as variáveis analisadas e a interação ambiente x espécie (A x C) exerceu influencia apenas na massa seca da parte aérea (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) e massa seca das flores (MSF) de plantas ornamentais cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.

FV	GL	Quadrados médios			
		MSPA	MSR*	MST	MSFL
Ambiente (A)	3	126,26*	807,27 <sup>ns</sup>	2290,39 <sup>ns</sup>	8,22**
Resíduo (a)	12	7,25	635,41	1626,41	0,20
Salinidade (B)	3	148,36*	10673,47**	27772,98**	2,04**
A x B	9	45,83 <sup>ns</sup>	861,63 <sup>ns</sup>	1485,43 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	5,66	443,27	1112,37	0,51
Espécie (C)	1	10910,87**	1068156,82**	2446193,4**	-
A x C	3	108,98*	814,93 <sup>ns</sup>	2157,54 <sup>ns</sup>	-
B x C	3	110,52*	10557,37**	25294,17**	-
A x B x C	9	43,28 <sup>ns</sup>	854,90 <sup>ns</sup>	1421,84 <sup>ns</sup>	-
Resíduo (c)	64	7,69	627,40	1593,75	-
CV (a) (%)	-	23,02	30,48	29,85	26,03
CV (b) (%)	-	20,35	25,46	24,69	30,23
CV (c) (%)	-	23,71	30,29	29,55	-

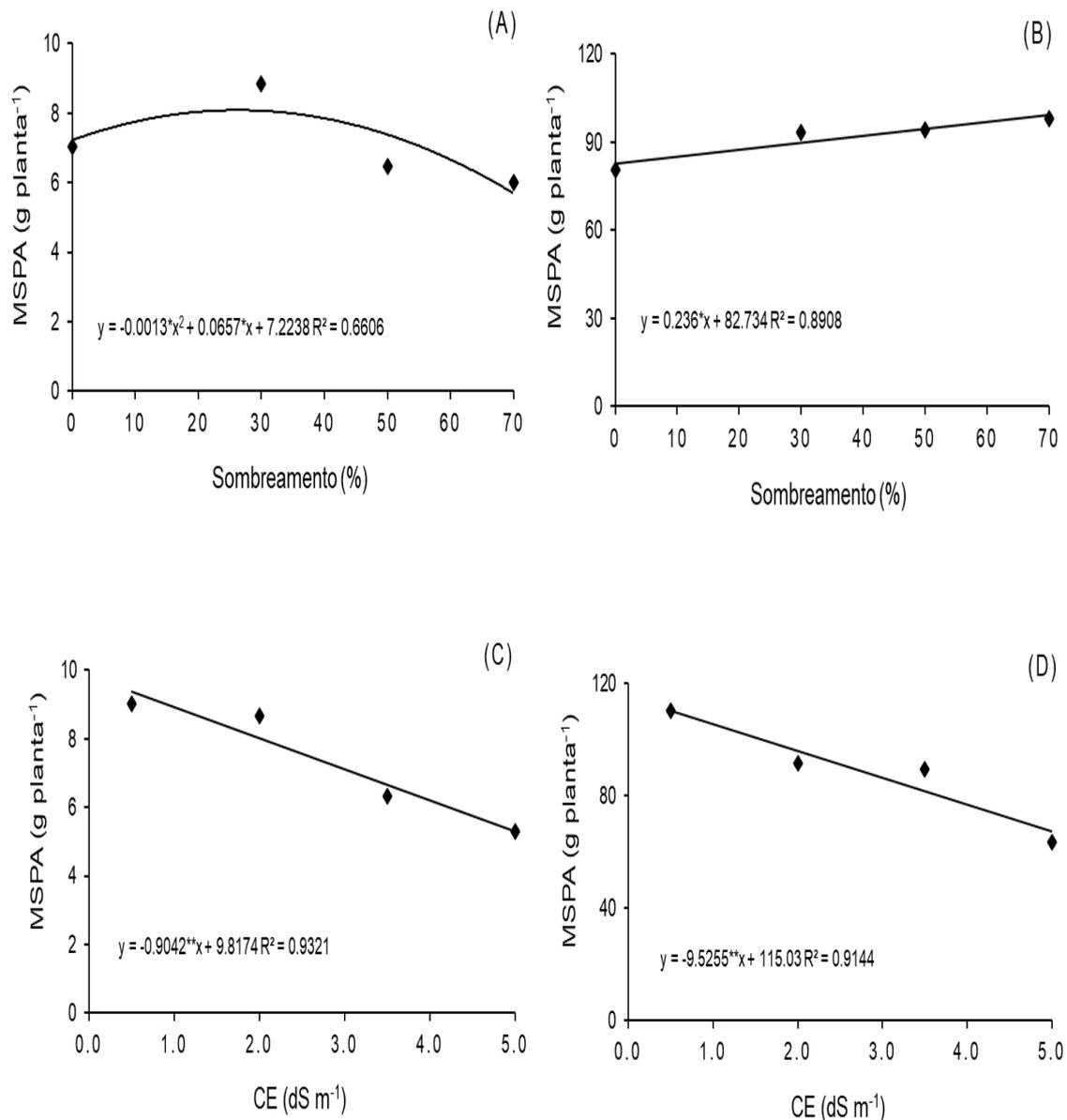
FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

\* No caso da espécie *Zamioculcas zamiifolia* foi considerado (raízes + rizomas)

Fonte: o autor

Maior acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) da espécie *Euphorbia milii* foi obtido sob sombra de 30% (8,83 g), verificando-se decréscimo nos maiores níveis de sombreamento (Figura 14A). Na espécie *Zamioculcas zamiifolia* foram observados aumentos lineares no acúmulo de MSPA (Figura 14B), podendo tal resposta ser resultado da influência do sombreamento na produção de plantas mais altas, de maior área foliar e número de ramos. As espécies estudadas apresentaram boa capacidade de desenvolvimento em diferente intensidade de luz.

Figura 14—Massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A e C) e *Zamioculcas zamiifolia* (B e D) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A e B) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (C e D).

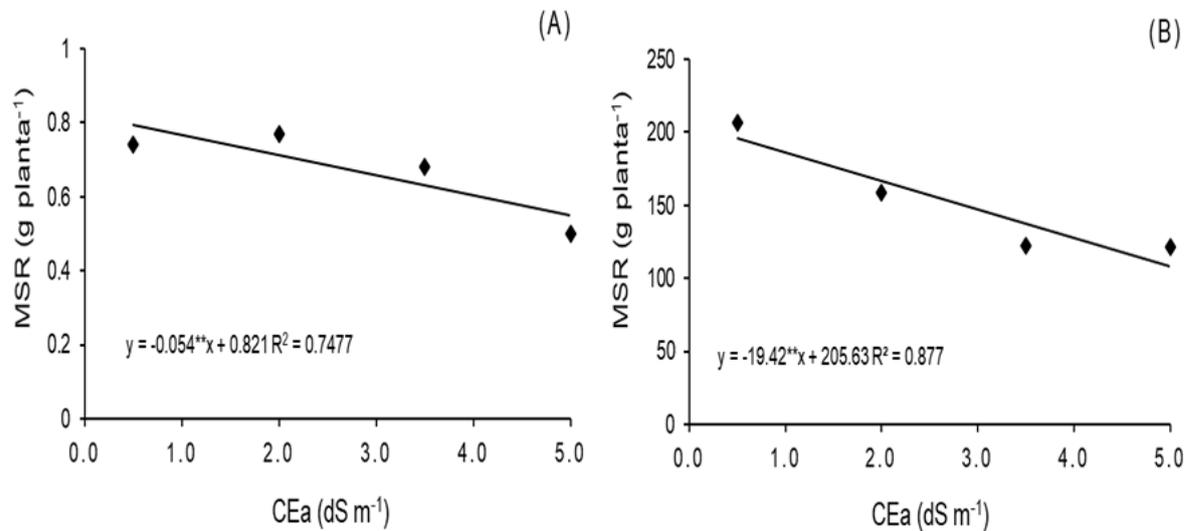


Fonte: o autor

A salinidade exerceu efeitos negativos na matéria seca da parte aérea (MSPA) das espécies pesquisadas, observando-se decréscimos lineares de 43% na *E. milii* (Figura 14C) e de 38,8% na *Z. zamiifolia* (Figura 14D) nas plantas submetidas ao nível mais elevado de salinidade ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) em comparação com o controle ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). Efeitos nocivos provocados pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, desencadeando respostas diferentes nas espécies como diminuição da biomassa e na absorção de nutrientes (GARCÍA-CAPARRÓS *et al.*, 2016). Hancioglu *et al.* (2019) pesquisando os efeitos da salinidade da água de irrigação, rendimento e parâmetros de qualidade na cultura do orégano (*Origanum onites* L.), concluíram que em comparação com o controle, ocorreu decréscimo de 27, 38, 49 e 77% no rendimento de folhas secas para os tratamentos com 1,8; 2,5; 3,5 e  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  respectivamente. Cavalcante *et al.* (2010) estudando o cultivo do crisântemo em vaso, constataram que a produção de matéria seca da parte aérea foi reduzida em aproximadamente 36% da CE de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  para a de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ . Maciel *et al.* (2012) avaliando o girassol ornamental com uso de água salobra em sistema hidropônico, constataram redução na MSPA no nível salino de  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Bione *et al.* (2014) pesquisando a cultura do manjeriço em sistema hidropônico, também verificaram redução na matéria seca da parte aérea com o aumento da salinidade.

O efeito antagônico do excesso de sal sobre a massa seca da raiz (MSR) provocou perdas lineares de 32,8% na espécie *Euphorbia milii* (Figura 15A) e de 47,2% na espécie *Zamioculcas zamiifolia* (raízes + rizomas) (Figura 15B). No nível salino de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  menores valores da MSR foram registrados ( $0,50 \text{ g}$  para a *E. milii* e  $121,62 \text{ g}$  para a *Z. zamiifolia*) em comparação com o controle  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  ( $0,74 \text{ g}$  para a *E. milii* e  $206,77 \text{ g}$  para a *Z. zamiifolia*), indicando que a salinidade mais severa de NaCl foi que mais limitou a produção da biomassa da raiz.

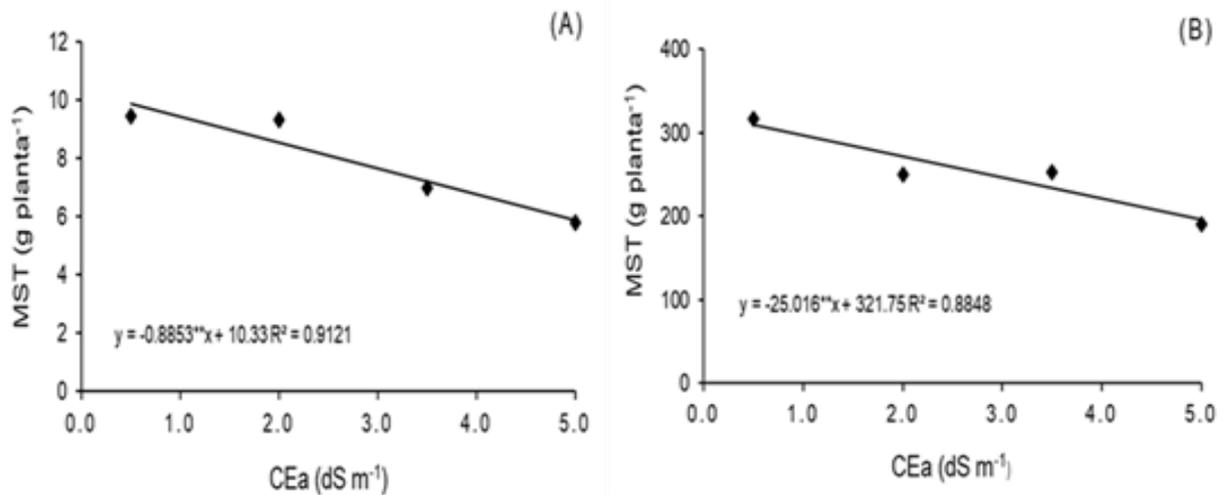
Figura 15 – Massa seca da raiz (MSR) da espécie ornamental *Euphorbia milii* (A) e massa seca da raiz + rizoma (MSRR) da espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia* (B) submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



Um adequado sistema de raízes pode garantir a captação de água e nutrientes em ambiente salino. Menor massa seca das raízes das espécies estudadas demonstra a vulnerabilidade do sistema radicular quando exposto diretamente ao sal, condição adversa que provoca limitações do crescimento celular por causa do baixo potencial hídrico do meio externo. Redução do potencial osmótico no ambiente radicular provocado pelo aumento da salinidade e que conduz a déficit hídrico e toxicidade (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017) e a limitação na capacidade das raízes em extrair e transportar água para a parte aérea determinando a concentração de substâncias que atingem a parte aérea, impõe restrições ao crescimento das plantas (SANCHEZ-BLANCO *et al.*, 2014). Suassuna *et al.* (2014) também observaram redução na biomassa da raiz de 23% em gergelim cultivado sob estresse salino

A redução da massa seca total (MST) é um critério importante na avaliação da tolerância à salinidade. Nesse sentido, nos níveis salinos de 3,5 e 5,0 dS m<sup>-1</sup> foi observado um declínio linear respectivamente de 26,8% e 40,25% na MST das plantas de *Euphorbia milii*, classificando a espécie como moderadamente tolerante no nível mais baixo (3,5 dS m<sup>-1</sup>) e moderadamente sensível no nível mais elevado de salinidade (5,0 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 16A).

Figura 16 – Massa seca total (MST) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação.



Fonte: o autor

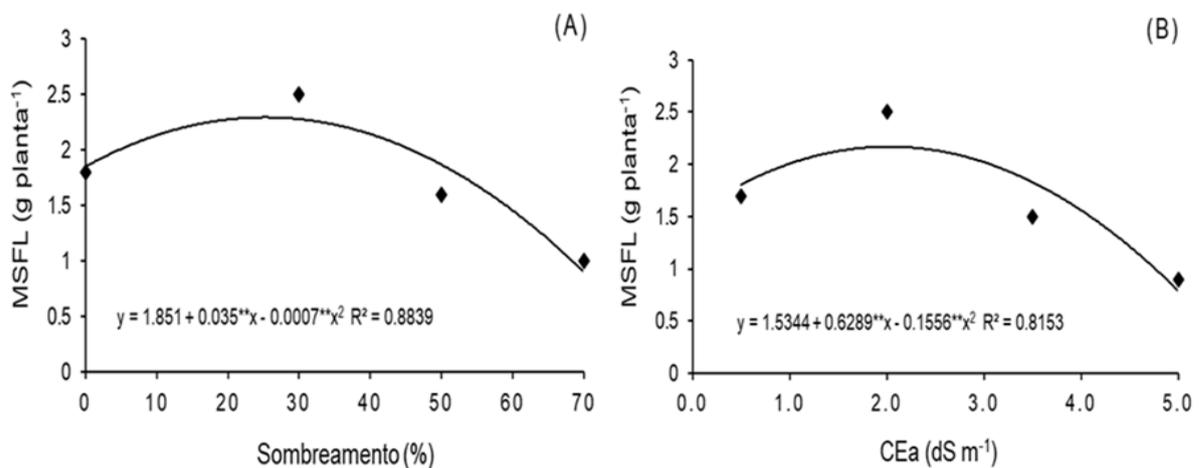
Foram constatadas inibição na massa seca total (MST) das plantas da espécie *Zamioculcas zamiifolia*, quando expostas a nível crescente de salinidade na água de irrigação (Figura 16B). Decréscimos na fitomassa seca de helicônias também foi constatado por Barros *et al.* (2010), quando a salinidade da água de irrigação foi elevada. Perdas lineares de 24,2% e 36,4% foram verificadas nas plantas irrigadas com 3,5 e 5,0 dS m<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle; esses valores classificam a espécie como moderadamente tolerante no intervalo de salinidade entre 3,5 a 5,0 dS m<sup>-1</sup>.

A biomassa das flores da espécie *Euphorbia milii* foi influenciada pelos efeitos isolados do ambiente e, ou salinidade da água de irrigação ( $p < 0,05$ ), não havendo interação entre os fatores ( $p > 0,05$ ). A produção máxima de flores foi estimada no nível de sombreamento equivalente a 25% (Figura 17A) e na condutividade elétrica de 2,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 17B), com decréscimos acentuados em resposta à redução da luminosidade e ao aumento da salinidade a partir desses pontos, respectivamente.

Neves *et al.* (2018) estudando a espécie ornamental *Catharanthus roseus* também verificaram efeito quadrático na produção de biomassa da flor, com produção máxima de flores em níveis de salinidade em torno de 2,5 dS m<sup>-1</sup>. Hormônios envolvidos na floração como os ácidos abscísico e jasmônico podem sofrer alterações provocadas pelo efeito deletério do sal (ROGERS, 2013). Aydinsakir *et al.* (2010)

estudando os efeitos dos níveis de irrigação salina na floração e qualidade da flor de híbridos de *Freesia Cormos Oberon*, *Athena* e *Cordula*, verificaram que o nível de água de irrigação salina diminuiu o número e a massa seca das flores. Entretanto, os resultados obtidos no presente estudo (Figura 17B) demonstram que esse efeito nocivo da salinidade no processo de floração depende do nível de estresse aplicado e, também, da espécie vegetal em estudo (NEVES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Figura 17 – Massa seca das flores (MSFL) da espécie ornamental *Euphorbia milii* cultivada a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação (B).



Fonte: o autor

### 4.3 Partição de biomassa

O acúmulo e partição de biomassa das plantas ornamentais pesquisadas foram influenciados pelos diferentes níveis de salinidade e sombreamento (Tabela 6). Na espécie *Euphorbia milii* as plantas mantidas sob 30% de sombra apresentaram maior valor percentual de massa seca das flores (MSFL) representando 26,81% da biomassa total da planta; com aumento nos níveis de sombreamento, diminuiu a alocação de biomassa para as flores, enquanto a biomassa da folha aumentou.

Tabela 6 – Percentual (%) de participação na massa seca total das variáveis matéria seca das folhas (MSFO), caule + ramos (MSC), raízes (MSR) e flores (MSFL) em plantas da espécie *Euphorbia milii* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação-CEa.

Ambiente	Níveis de CE	% da participação na matéria seca total			
		MSFO	MSC	MSR	MSFL
Pleno Sol	0,5	29,20 ±2,10	43,65 ±4,55	7,53 ±1,16	19,62 ± 3,17
	2,0	33,04 ±2,07	34,07 ±4,87	8,22 ±0,61	24,67 ±2,99
	3,5	37,79 ±1,91	22,77 ±3,13	9,83 ±0,74	29,62 ±2,13
	5,0	38,22 ±1,95	31,88 ±3,38	9,49 ±0,52	20,41 ±3,32
Média		34,56 ±2,00	33,09 ±3,98	8,76 ±0,75	23,98 ±2,90
30%	0,5	38,05 ±2,04	25,95 ±2,91	8,22 ±0,40	27,78 ±1,91
	2,0	34,53 ±4,50	33,41 ±4,14	8,90 ±1,12	23,17 ±2,71
	3,5	36,25 ±2,06	21,22 ±1,34	10,52 ±0,60	32,01 ±2,34
	5,0	33,69 ±3,97	33,23 ±4,04	8,77 ±0,72	24,31 ±2,19
Média		35,63 ±3,14	28,45 ±3,10	9,10 ±0,71	26,81 ±2,28
50%	0,5	40,27 ±2,55	27,49 ±1,75	7,85 ±0,97	24,39 ±1,90
	2,0	48,03 ±2,53	26,32 ±2,41	7,98 ±0,64	17,67 ±1,77
	3,5	45,59 ±2,76	21,44 ±1,74	7,84 ±1,02	25,12 ±3,16
	5,0	35,79 ±2,25	27,10 ±4,57	7,92 ±0,60	29,19 ±3,03,
Média		42,42 ±2,52	25,58 ±2,61	7,89 ±0,80	24,09 ±2,46
70%	0,5	42,32 ±1,78	38,30 ±1,87	7,82 ±0,62	11,56 ±1,22
	2,0	45,23 ±2,54	31,37 ±2,73	8,70 ±0,69	14,70 ±1,82
	3,5	44,14 ±2,26	31,21 ±2,74	11,29 ±0,66	13,35 ±1,97
	5,0	44,23 ±2,04	31,43 ±1,43	9,47 ±0,54	14,87 ±2,49
Média		43,98 ±2,15	33,07 ±2,19	9,32 ±0,62	13,62 ±1,87

Os valores são médias ± erro padrão da média (n = 5)

Fonte: o autor

Na espécie *E. milii* grande parte dos fotoassimilados foi alocada nas folhas em oposição ao investimento em raiz, em todos os ambientes estudados independentemente dos diferentes níveis de salinidade. As plantas dessa espécie apresentaram maior percentual de MSFL (32,01%) na salinidade de 3,5 dS m<sup>-1</sup>. No tratamento a pleno sol, a biomassa foliar correspondeu a 34,56% da biomassa total, enquanto a biomassa do caule 33,09% e a biomassa da raiz 8,76%; sob o maior nível de sombreamento (70%) a biomassa foliar correspondeu a 43,98% da biomassa total (com incremento de 27,2% em relação as plantas a pleno sol), a biomassa da raiz 9,32% e a do caule 33,07%. Melo *et al.* (2009) em estudo com a espécie ornamental *Catharanthus roseus* também verificaram menores valores da matéria seca foliar no tratamento a pleno sol.

A espécie *Zamioculcas zamiifolia* alocou maior fração de biomassa para o conjunto raízes + rizomas nos ambientes pesquisados e em todos os níveis de salinidade (Tabela 7), com valores da ordem de 65,0%, 64,1%, 66,1% e 63,3% da biomassa total da planta, respectivamente a pleno sol e sombreamento a 30%, 50% e 70%; a biomassa fotoassimilada foi alocada preferencialmente para o sistema radicular vigoroso dessa espécie constituído de raízes grossas formando rizomas subterrâneos semelhante à batata; esse aprimoramento de captação de água e nutrientes proporciona a essa espécie maior capacidade de sobrevivência em lugares bastante sombreados onde outra planta dificilmente sobreviveria. Vidal *et al.* (2016) em estudos com girassol cultivar Charrua, também verificaram maiores valores para biomassa da raiz. A massa seca das folhas correspondeu a 8,54%, 9,38%, 6,47% e 6,93% e a do caule 26,44%, 26,5%, 27,42% e 29,72% da massa seca total, sob 0, 30, 50 e 70% de sombra respectivamente. Ambientes mais sombreados (50% e 70%) promoveram maior acúmulo de massa seca do caule.

Tabela 7 – Percentual (%) de participação na massa seca total das variáveis matéria seca das folhas (MSFO), caule + ramos (MSC) e raízes + rizomas (MSRR) em plantas da espécie *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação-CEa.

Ambiente	Níveis de CE	% de participação na matéria seca total		
		MSFO	MSC	MSRR
Pleno Sol	0,5	6,23 ±0,77	26,62 ±2,68	67,15 ±3,00
	2,0	9,07 ±1,08	24,72 ±1,56	66,21 ±2,45
	3,5	8,88 ±0,42	26,76 ±0,97	64,36 ±1,01
	5,0	10,01 ±2,09	27,69 ±1,08	62,30 ±2,74
Média		8,54 ±1,09	26,44 ±1,57	65,00 ±2,30
30%	0,5	7,61 ±1,34	28,35 ±3,10	64,04 ±3,04
	2,0	8,48 ±0,88	30,01 ±2,45	61,50 ±2,92
	3,5	12,52 ±1,69	22,99 ±1,67	64,49 ±2,74
	5,0	8,92 ±0,98	24,68 ±3,39	66,40 ±3,29
Média		9,38 ±1,22	26,50 ±2,66	64,10 ±2,99
50%	0,5	3,88 ±0,21	30,14 ±3,06	65,99 ±3,21
	2,0	6,44 ±1,05	28,90 ±1,70	64,66 ±2,08
	3,5	7,07 ±1,59	26,66 ±2,14	66,27 ±1,77
	5,0	8,50 ±1,07	24,00 ±1,70	67,50 ±2,15
Média		6,47 ±0,98	27,42 ±2,15	66,10 ±2,31
70%	0,5	4,89 ±0,97	31,44 ±3,54	63,68 ±3,95
	2,0	8,76 ±1,38	33,64 ±1,59	57,60 ±2,49
	3,5	8,05 ±1,08	28,85 ±2,84	63,09 ±3,32
	5,0	6,04 ±0,65	24,96 ±1,59	69,01 ±1,78
Média		6,93 ±1,02	29,72 ±2,39	63,34 ±2,88

Os valores são médias ± erro padrão da média (n = 5)

#### 4.4 Análise química do tecido vegetal

Os teores de todos os elementos sofreram influência significativa dos efeitos isolados do ambiente e/ou salinidade da água de irrigação. Foram constatadas respostas aos efeitos das interações duplas salinidade x espécie (B x C) sobre os teores de nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, sódio e ambiente x espécie (A x C) sobre todos os elementos exceto nitrogênio. A interação tripla ambiente x salinidade x espécie (A x B x C) exerceu efeito significativo sobre os teores de nitrogênio, fósforo e magnésio (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e sódio (Na) nas folhas das plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade.

FV	GL	Quadrados médios						
		N	K	P	Ca	Mg	S	Na
Ambiente (A)	3	27,71**	125,68**	3,43**	25,63**	1,01 <sup>ns</sup>	1,89**	3,19 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	12	4,21	12,27	0,29	6,40	1,78	0,65	2,35
Salinidade (B)	3	21,51**	60,60**	0,31*	123,82**	5,57**	1,03*	219,06**
A x B	9	94,49 <sup>ns</sup>	10,87 <sup>ns</sup>	0,27*	3,48 <sup>ns</sup>	1,76*	0,35 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	4,33	13,52	0,35	4,52	1,69	0,67	2,82
Espécie (C)	1	31,30**	166,87**	23,41**	174,27**	149,16**	46,66**	7309,08**
A x C	3	6,71 <sup>ns</sup>	21,71*	0,43*	18,27**	2,71*	1,51*	36,94**
B x C	3	29,11**	202,72**	1,08**	6,30 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	1,65**	36,04**
A x B x C	9	6,84*	6,98 <sup>ns</sup>	0,19*	1,03 <sup>ns</sup>	1,30*	0,28 <sup>ns</sup>	4,09 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	64	4,49	13,44	0,20	5,71	0,83	0,38	1,71
CV (a)		11,37	15,72	26,02	20,11	23,17	30,21	13,32
CV (b)		11,53	16,50	28,56	16,89	22,60	30,64	14,57
CV (c)		11,74	16,46	21,83	18,99	15,85	26,33	11,36

FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

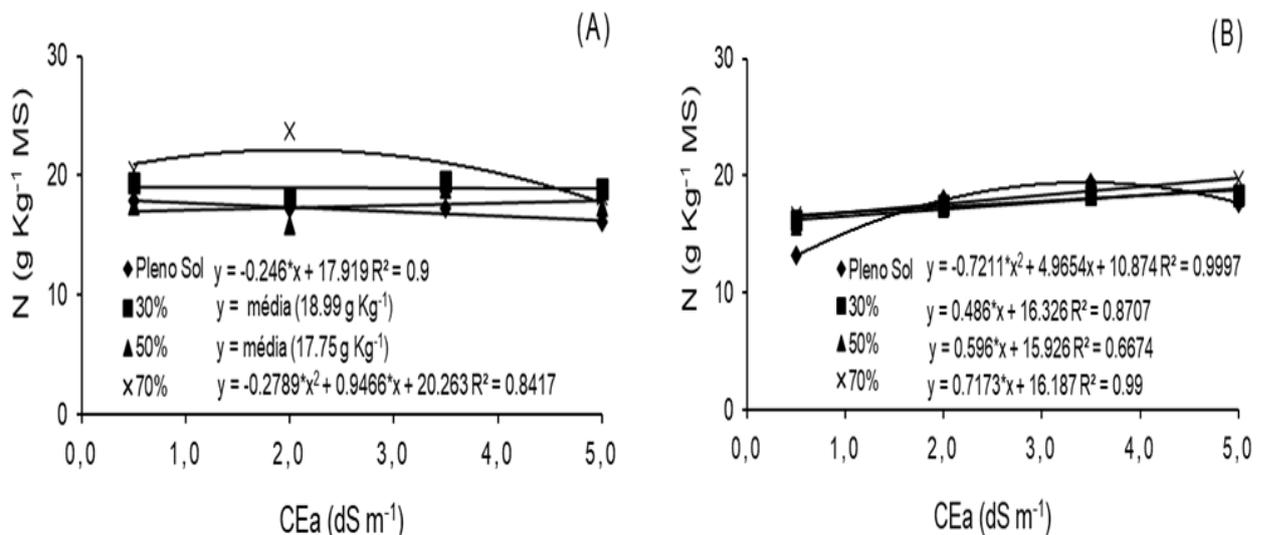
Fonte: o autor

O gráfico 18A representa a variação do teor de nitrogênio (N) nas folhas das plantas da espécie *Euphorbia milii* em função dos diferentes tratamentos. Com aumento da salinidade, o acúmulo de N nas folhas das plantas cultivadas a pleno sol sofreu decréscimos lineares com perdas da ordem de 0,246 g Kg<sup>-1</sup> para cada aumento unitário da salinidade (dS m<sup>-1</sup>); sob sombreamento de 70% verificou-se que o modelo quadrático foi o de melhor ajuste, com teor crescente de N até determinado nível (2,0 dS m<sup>-1</sup>) e em seguida decréscimo em resposta ao aumento da salinidade. A CEa não

influenciou no acúmulo desse macronutriente nas plantas cultivadas sob 30 e 50% de sombreamento; porém ao se avaliar as médias, verifica-se tendências diferentes, com diminuição de N no primeiro ambiente, mas aumento no segundo.

Os teores foliares de nitrogênio na espécie *Zamioculcas zamiifolia* apresentaram acréscimos com o aumento dos níveis de salinidade nas plantas cultivadas sob sombreamento (30, 50 e 70%) (Tabela 18B). Esses resultados concordam com o observado por Melo *et al.* (2009) que verificaram maior conteúdo de nitrogênio total em folhas de plantas da espécie ornamental *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacífica White' submetidas a uma menor irradiância. A pleno sol o acúmulo de nitrogênio aumentou até os níveis da CEa 3,5 dS m<sup>-1</sup>, decrescendo a partir disso com o aumento da salinidade; essa redução pode ser justificada dado ao aumento da absorção de cloreto (altamente móvel na solução do solo) pelas plantas, estabelecendo-se uma competição antagônica entre íons desse elemento e o nitrato.

Figura 18–Teores de nitrogênio (N) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



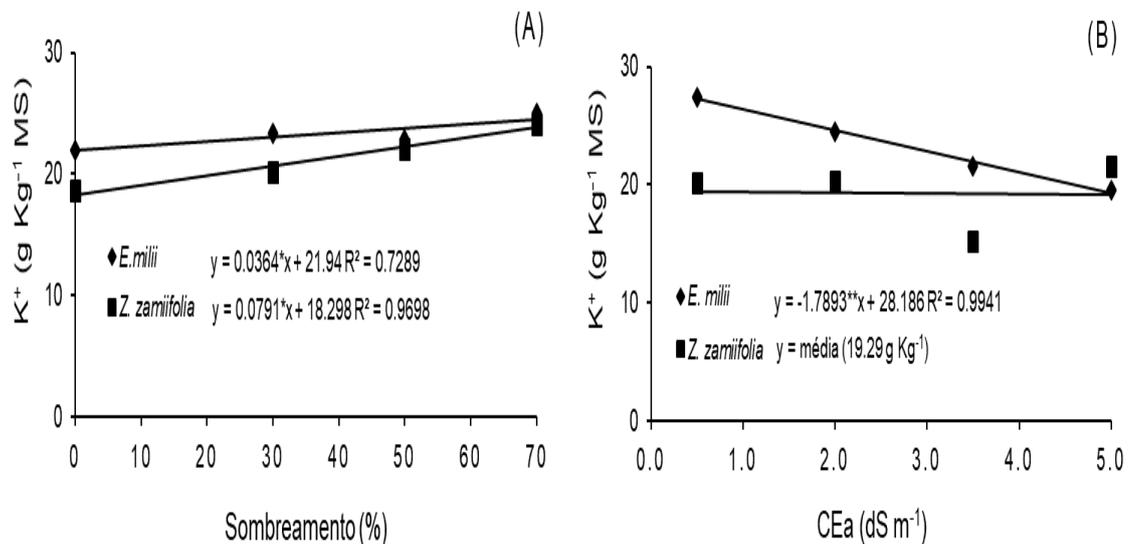
Fonte: o autor

Nobre *et al.* (2014) em estudos com mamoneira verificaram que doses crescentes de N atenuaram aos 120 DAS o efeito da CEa até o nível de 2,4 dS m<sup>-1</sup>. O

nitrogênio para a maioria das culturas é o nutriente absorvido em maior quantidade, atuando no estímulo ao crescimento das folhas, caules e brotos e sua deficiência pode provocar clorose e retardo no crescimento.

Os teores foliares de potássio (K) nas espécies ornamentais estudadas foram crescentes influenciado pelo aumento nos níveis de sombreamento, sendo ajustadas equações lineares (Figura 19A). Em ambas as espécies, maiores valores de K foram verificados sob 70% de sombra, variando a concentração desse elemento na espécie *Euphorbia milii* de 21,99 a 25 g Kg<sup>-1</sup> e na espécie *Zamioculcas zamiifolia* de 18,64 a 24,16 g Kg<sup>-1</sup>.

Figura 19—Teores de potássio (K) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).



Fonte: o autor

Decréscimos lineares na acumulação de K nas folhas das plantas da espécie *Euphorbia milii* (Figura 19B) tem demonstrado o efeito da salinidade na absorção desse nutriente, com redução de 29,5% quando as plantas foram irrigadas com água de CE 5,0 dS m<sup>-1</sup> em comparação ao tratamento controle. O aumento da concentração salina pode provocar um desequilíbrio nutricional relacionado à competição que se estabelece entre o K e o Na pôr sítios ativos de absorção das raízes, o que pode inibir

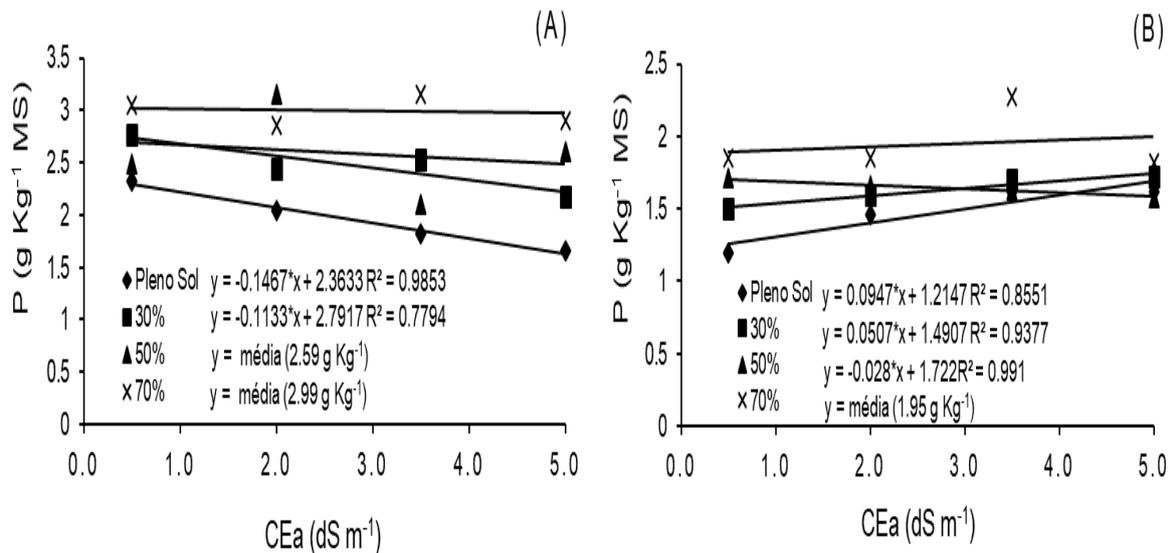
a absorção desse macronutriente. Mendes *et al.* (2011) estudando mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental, também verificaram diminuição do teor de  $K^+$  no tecido foliar com o aumento nos níveis de salinidade. Cruz *et al.* (2006) pesquisando a influência da salinidade no crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo também verificaram decréscimos na concentração de K em todas as partes da planta. Nas mesmas condições de cultivo, não foi observado efeito significativo da salinidade sobre os teores de K na espécie *Zamioculcas zamiifolia* (Figura 19B).

O potássio é o elemento mais móvel no sistema solo-planta e está associado às funções de movimento estomático, fotossíntese e translocação dos sintetizados, ativação enzimática, metabolismo do nitrogênio e crescimento meristemático. A sua retenção em altos níveis no citosol é importante por equilibrar osmoticamente o citoplasma e outras organelas dentro do vacúolo, constituindo uma importante estratégia de tolerância à salinidade, que ainda inclui a harmonia de vários mecanismos como a modulação das características anatômicas funcionais das folhas (CARILLO *et al.*, 2019).

O teor de fósforo (P) no tecido foliar das plantas da espécie *Euphorbia milii* diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação nos ambientes a pleno sol e 30% de sombreamento (Figura 20A), sendo os dados ajustados a um modelo linear decrescente a taxas constantes respectivamente de 0,1467 e 0,1133  $g\ Kg^{-1}$  para cada unidade de condutividade elétrica na água de irrigação. Sob sombreamento de 50 e 70% constatou-se uma pequena tendência ao decréscimo no conteúdo de P, no entanto, não foram verificadas diferenças significativas na concentração desse elemento.

A espécie *Zamioculcas zamiifolia* apresentou incremento nos teores de fósforo (P) nas plantas cultivadas a pleno sol e 30% de sombreamento, com valores da ordem de 0,0947 e 0,0507  $g\ Kg^{-1}$  a cada acréscimo de 1,0  $dS\ m^{-1}$  na condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 20B). Plantas sombreadas a 50% tiveram os teores de P reduzidos quando comparados aos demais tratamentos estudados. No telado com 70% de sombra não foram observadas alterações significativas nos teores de P.

Figura 20 – Teores de fósforo (P) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.

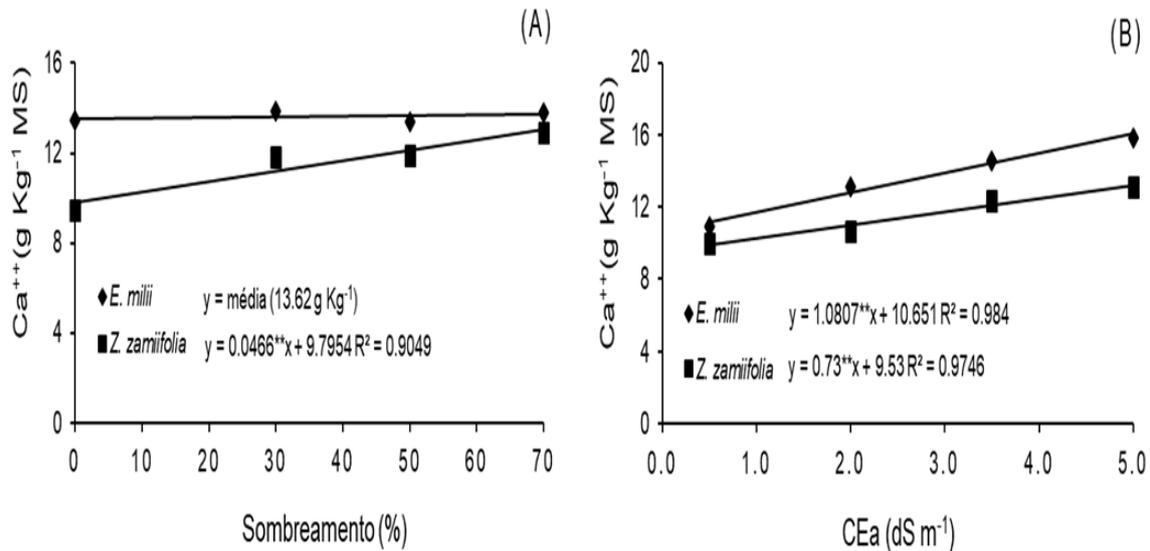


Fonte: o autor

O manejo da adubação fosfatada é uma alternativa para amenizar o efeito da salinidade. Oliveira *et al.* (2010) estudando a interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete, verificaram que doses crescentes de fósforo reduziram à sensibilidade da cultura à salinidade de até 3,5 dS m<sup>-1</sup>.

Não foram constatadas respostas aos efeitos do sombreamento nos teores de cálcio (Ca) nas plantas da espécie *Euphorbia milii* (Figura 21A). O contrário se observa na espécie *Zamioculcas zamiifolia* onde o sombreamento impulsionou os teores desse macronutriente (Figura 21A). Resultados semelhantes foram encontrados por Carmo *et al.* (2011) que em estudos sobre teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora verificaram que a concentração de cálcio aumentou ao longo do ciclo da cultura. A variação na concentração desse nutriente foi da ordem de 1,60 a 2,02 g Kg<sup>-1</sup>.

Figura 21 – Teores de cálcio (Ca) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).

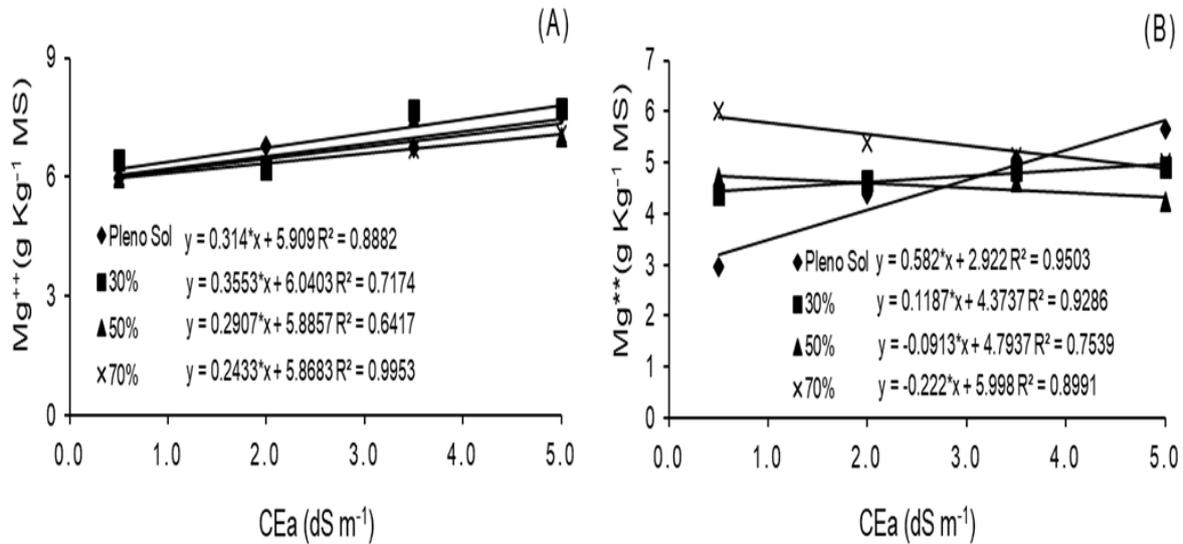


Fonte: o autor

As espécies ornamentais estudadas foram influenciadas pela salinidade da água de irrigação, registrando-se incremento nos teores foliares de cálcio (Figura 21B). Os dados foram ajustados a um modelo linear crescente com ganhos substanciais de 43,4% para a espécie *E. milii* e de 33,1% para a espécie *Z. zamiifolia* quando as plantas foram irrigadas com água de CE 5,0 dS m<sup>-1</sup> em comparação ao tratamento controle. O aumento da concentração de cálcio pode ser justificado por ter sido adicionado cloreto de cálcio na água de irrigação. Aumento dos valores desse elemento pela elevação da CE também foram verificados por Cavalcante (2007) em estudos com crisântemo, registrando-se nas plantas irrigadas com CEs 4,9 dS m<sup>-1</sup> uma média 20% maior em relação às cultivadas sob irrigação com CEs 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

O acúmulo de magnésio nas folhas da espécie *Euphorbia milii* foi crescente com o incremento da salinidade na água de irrigação (Figura 22A). Os dados foram ajustados a um modelo linear em todos os ambientes estudados a taxas constantes de 0,3140, 0,3553, 0,2907 e 0,2433 g kg<sup>-1</sup> respectivamente a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento, para cada unidade de condutividade elétrica na água de irrigação.

Figura 22 – Teores de magnésio (Mg) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.

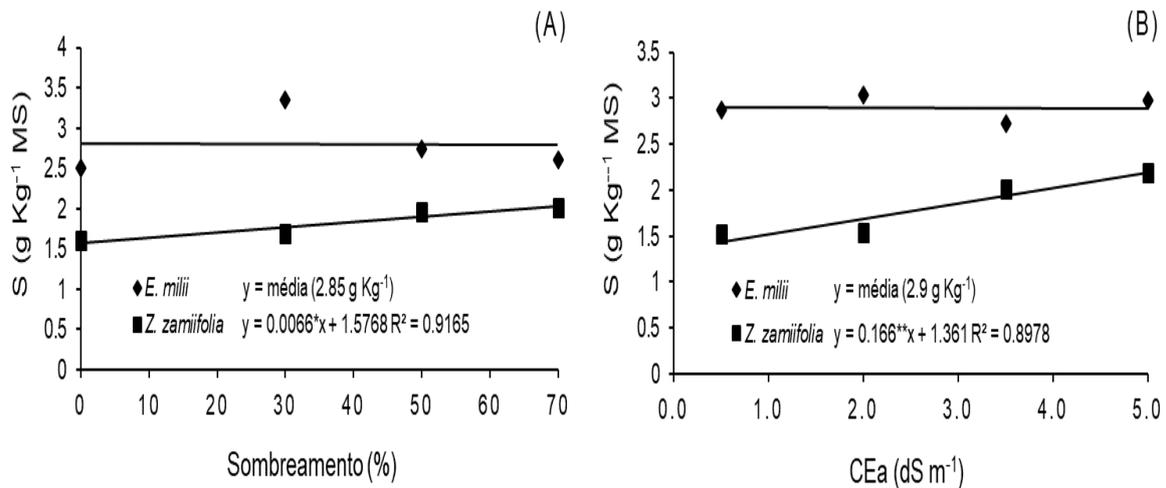


Fonte: o autor

Similar à espécie *Euphorbia milii* os dados também foram ajustados a um modelo linear crescente para as plantas da espécie *Zamioculcas zamiifolia* (Figura 22B) cultivadas a pleno sol e telado com 30% de sombreamento; nesses ambientes foram constatados ganhos na concentração de magnésio a taxas constantes de 0,582 e 0.1187 g kg<sup>-1</sup> a cada aumento de 1,0 dS m<sup>-1</sup> na CE da água de irrigação. Nos telados com 50% e 70% verificou-se decréscimos na concentração do Mg respectivamente de 8,6% e 16,9% entre o menor e o maior nível de salinidade estudado (0,50 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>); essa diminuição pode ser justificada devido ao excesso de Na reduzir por inibição competitiva a absorção de Mg<sup>2+</sup> pelas plantas. Garcia *et al.*, (2007) estudando os teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino, verificaram que o aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina reduziu os teores de magnésio.

Não foram observadas respostas significativas aos efeitos do sombreamento nos teores de enxofre nas plantas da espécie *Euphorbia milii* (Figura 23A). Por sua vez a concentração foliar desse macronutriente na espécie *Zamioculcas zamiifolia* apresentou acréscimos com o aumento nos níveis de sombra.

Figura 23 – Teores de enxofre (S) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).

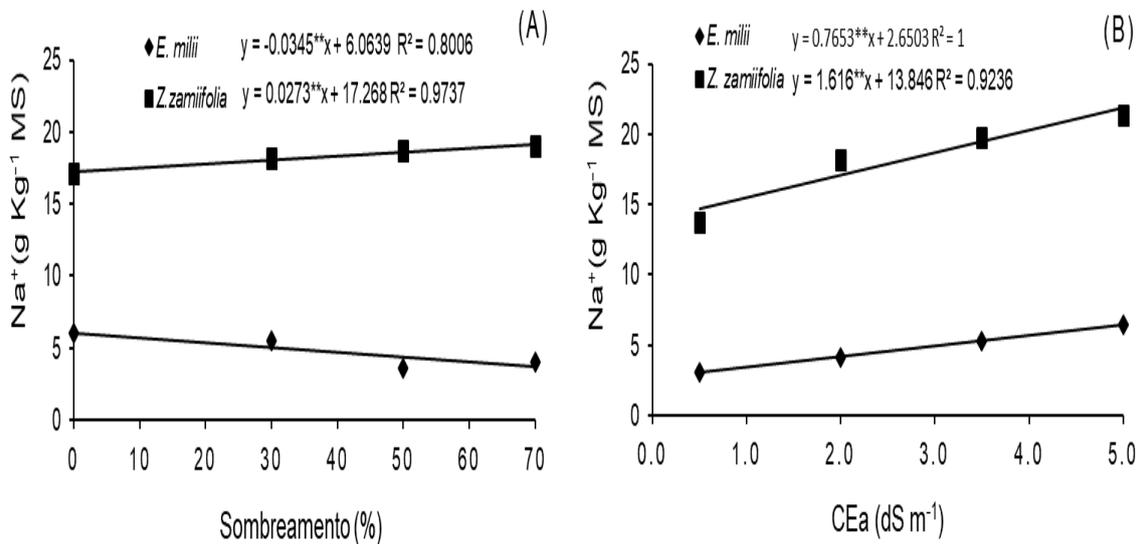


Fonte: o autor

Similar ao sombreamento, também não foram constatadas respostas significativas aos efeitos da salinidade nos teores de enxofre nas plantas de *E. milii* (Figura 23B). Na espécie *Zamioculcas zamiifolia* a concentração desse elemento aumentou linearmente em função da CEa, com acréscimo de 51,7% quando as plantas foram submetidas ao maior nível salino da água em comparação a testemunha. Mota *et al.* (2013) estudando o cultivo do crisântemo também verificaram que os níveis de condutividade elétrica testados não proporcionaram qualquer efeito adverso no crescimento da planta e que o enxofre juntamente com a maior parte de outros macronutrientes teve o teor aumentado com elevação do nível de CE.

Na espécie *Euphorbia milii* foi observado que o acúmulo de sódio nas folhas foi menos intenso nas plantas cultivadas no ambiente com restrição de luz (Figura 24A). Os tratamentos sob 50% e 70% de sombreamento proporcionaram menores acúmulos desse elemento. Na espécie *Zamioculcas zamiifolia* ao contrário do que ocorreu com a espécie *Euphorbia milii*, a concentração de sódio nas folhas aumentou à medida que se elevou os níveis de sombreamento.

Figura 24 – Teores de sódio (Na) nas folhas de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).



Fonte: o autor

O teor de sódio nas folhas das espécies estudadas aumentou com o incremento da salinidade na água de irrigação (Figura 24B). Os dados se ajustaram a um modelo linear crescente com aumento de 0,7653 g Kg<sup>-1</sup> para a espécie *Euphorbia milii* e 1,616 g Kg<sup>-1</sup> para a espécie *Zamioculcas zamiifolia* a cada aumento unitário da salinidade (dS m<sup>-1</sup>). Quando se compara a salinidade máxima de 5,0 dS m<sup>-1</sup> com o controle 0,5 dS m<sup>-1</sup> verifica-se que houve o dobro de acúmulo de sódio na *E. milii* e 49.6% na *Z. zamiifolia*; no entanto, os maiores valores da concentração de sódio foi nessa última espécie. Nesse estudo se observou sintoma de toxidez por sódio com queima das bordas de folhas mais velhas da espécie *Z. zamiifolia*, principalmente nas plantas submetidas à concentração mais alta de NaCl. Freitas *et al.* (2012) estudando o crescimento e tolerância à salinidade de três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação, também verificaram aumento expressivo nos teores de sódio.

Por possuírem raios iônicos e cargas iguais, o sódio em excesso pode ser carregado nos canais transportadores no lugar do potássio, acumulando-se principalmente nas folhas mais velhas devido à fraca translocação; esse acúmulo

provoca a redução da fotossíntese e desse modo o transporte de hidratos de carbono de folhas velhas para as folhas novas e raízes. Manter uma relação K:Na relativamente alta nos tecidos vegetais é um bom indicativo de tolerância à salinidade (CASSAMATI *et al.*, 2012). Plantas com capacidade de prevenir o acúmulo excessivo de sódio nos tecidos fotossintetizantes, mantendo os traços morfofisiológicos das folhas, apresentam maior tolerância à salinidade (LACERDA *et al.*, 2020).

## 4.5 Trocas gasosas foliares

### 4.5.1 Trocas gasosas sob luz saturante

As trocas gasosas foliares foram mensuradas em duas situações, sob luz saturante onde foi possível avaliar se as folhas crescendo sob sombreamento responderia quando submetida à alta luz e simulando-se a condição de luminosidade de cada ambiente. Para as medições realizadas sob luz saturante ( $1350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), foram observados efeitos isolados da salinidade e diferenças entre as espécies. As interações duplas ambiente x espécie (A x C) e salinidade x espécie (B x C) exerceram efeito significativo sobre a fotossíntese e condutância estomática (Tabela 9).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.

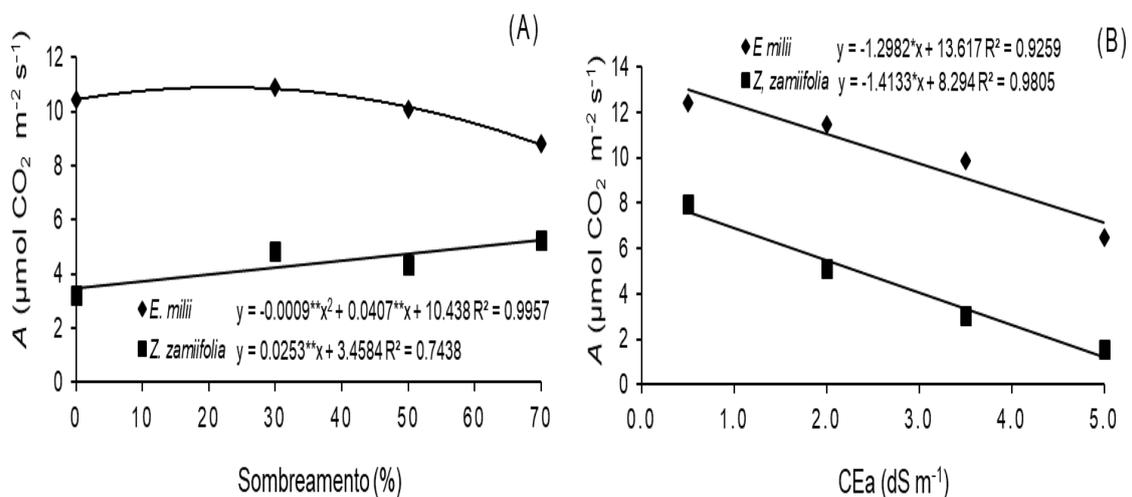
FV	GL	Quadrados médios		
		A	gs	E
Ambiente (A)	3	4,99 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,24093 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	9	2,26	0,0080	0,3661
Salinidade (B)	3	166,12 <sup>**</sup>	0,0693 <sup>**</sup>	14,7894 <sup>**</sup>
A x B	9	5,36 <sup>ns</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>	0,6068 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	36	2,83	0,0056	0,5330
Espécie (C)	1	763,48 <sup>**</sup>	0,5161 <sup>**</sup>	69,4620 <sup>**</sup>
A x C	3	13,95 <sup>**</sup>	0,0178 <sup>*</sup>	0,8202 <sup>ns</sup>
B x C	3	7,40 <sup>*</sup>	0,01875 <sup>*</sup>	0,7748 <sup>ns</sup>
A x B x C	9	2,63 <sup>ns</sup>	0,0070 <sup>ns</sup>	0,2268 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	48	2,63	0,0051	0,6157
CV (a) (%)	-	20,80	36,18	31,49
CV (b) (%)	-	23,30	30,28	37,99
CV (c) (%)	-	21,69	28,96	40,83

FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*, \*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Redução no desempenho fotossintético das plantas de *E. milii* foram observadas em ambientes de baixa disponibilidade de irradiância (Figura 25A); esse declínio pode ser justificado visto que em ambientes com excesso de sombreamento pode ocorrer redução na capacidade fotossintética (ZHAO *et al.*, 2012). Miralles *et al.* (2011) em estudos com *Rhamnus alaternus* um arbusto nativo de interesse ornamental e ecológico, também verificaram que o sombreamento em níveis elevados provocou redução da eficiência fotossintética. Mesmo sendo uma planta de intensidade luminosa a *E. milii* não mostrou desempenho fotossintético máximo a pleno sol; quando a intensidade de radiação é elevada a planta fica submetida a um estresse luminoso e de temperatura, tendo que dissipar essa energia luminosa recebida e o faz em forma de calor, portanto energia (perda por transpiração); quando precisa dissipar mais, a planta não consegue devido aos estômatos que às vezes se fecham, prejudicando o processo fotossintético.

Plantas de *Z. zamiifolia* por sua vez mostraram ganhos fotossintéticos lineares com aumento do sombreamento (Figura 25A). Silva (2017) em estudos com a cultura do copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) também observou que o efeito do sombreamento sobre as taxas fotossintéticas foi mais intenso nas plantas cultivadas em ambientes com elevada restrição de luz.

Figura 25 – Fotossíntese das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).

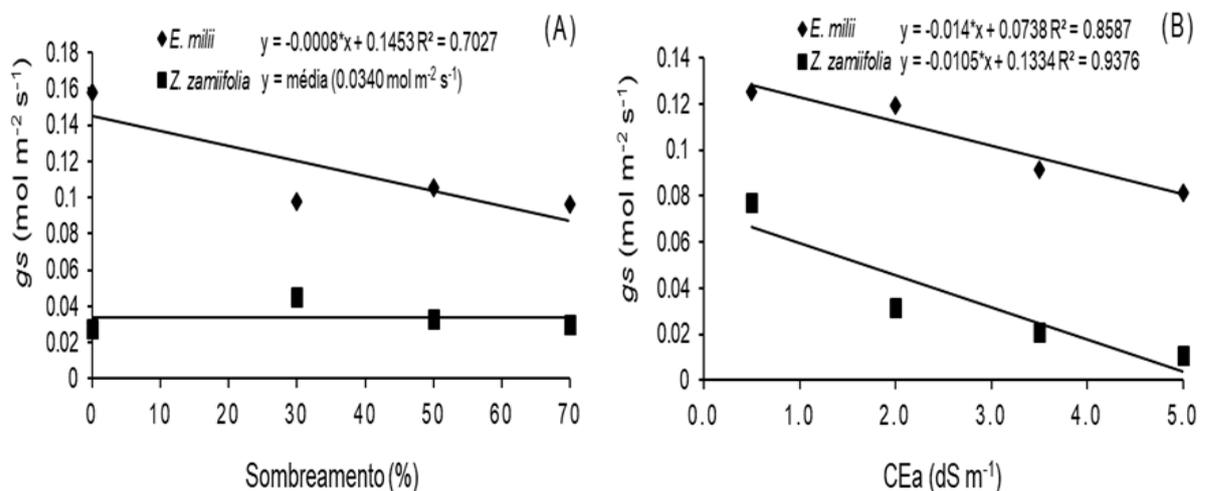


Fonte: o autor

Foram registrados ajustes lineares decrescentes na fotossíntese líquida das plantas de *Euphorbia milii* (Figura 25B) com redução de 45% entre o menor e o maior nível de salinidade estudado (0,50 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>); a espécie *Zamioculcas zamiifolia* apresentou tendência semelhante com redução de 83,8% (Figura 25B). A capacidade fotossintética pode ser afetada por limitações na abertura dos estômatos decorrente do estresse osmótico e evidenciada pela menor condutância estomática, restringindo a disponibilidade de CO<sub>2</sub> para reações de carboxilação; alteração da atividade enzimática também é apontado como responsável pela redução da taxa fotossintética (GURURANI *et al.*, 2015). Sabra *et al.* (2012) analisando as respostas fisiológicas e bioquímicas de três espécies *Echinacea*, *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida* e *Echinacea angustifolia* submetidas à salinidade com NaCl (0, 50, 75 e 100 mM) sob cultivo hidropônico, constataram que em todas as concentrações salinas houve diminuição das taxas fotossintéticas, condutância e transpiração na *E. angustifolia*.

Foi constatado decréscimos lineares na condutância estomática das plantas de *E. milii*, quando estas foram submetidas a níveis crescentes de sombreamento (Figura 26A). Na espécie *Z. zamiifolia* o sombreamento não influenciou a condutância estomática dessas plantas (Figura 26A).

Figura 26 – Condutância estomática (gs) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento (A) e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa (B).



O aumento da salinidade na água de irrigação promoveu limitações na condutância estomática das espécies pesquisadas, com decréscimos de  $0,0105 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para a espécie *Euphorbia milii* e  $0,014 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para a espécie *Zamioculcas zamiifolia* para cada aumento de uma unidade na condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 25B). O sal e seu efeito osmótico e iônico podem interferir nas trocas gasosas, principalmente condutância estomática e assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ . A redução da condutância estomática indica que os estômatos das folhas das plantas de *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* estavam mais fechados, com o objetivo de diminuir a perda de água e, conseqüentemente, a absorção de água e sais do solo (DIAS *et al.*, 2018). De acordo com TAIZ *et al.* (2017) devido ao fechamento estomático diminuir a transpiração, se mantém o status hídrico da planta.

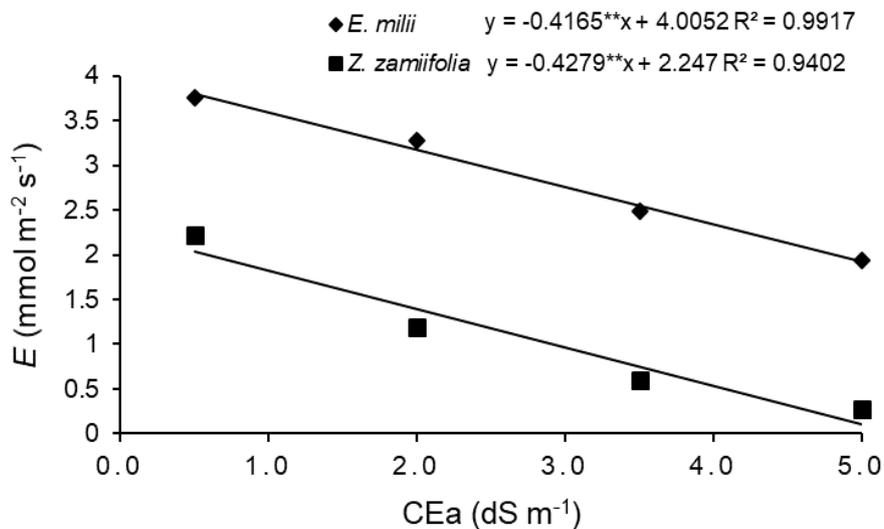
Cai *et al.* (2014) avaliando seis rosas de jardim ("*Caldwell Pink*", "*Carefree Delight*", "*Marie Pavie*", "*New Dawn*", "*RADrazz*" e "*The Fairy*") em resposta ao estresse salino em plantas submetidas a três níveis de salinidade na condutividade elétrica (CE) de 1,5 (controle, solução nutritiva), 4,0 e 8,0  $\text{dS m}^{-1}$  (níveis de salinidade moderada e alta), constataram que a "*Caldwell Pink*" e "*The Fairy*" tiveram maiores reduções na condutância foliar estomática a 8,0  $\text{dS m}^{-1}$  CE, seguidas por "*Carefree Delight*", "*Marie Pavie*", "*New Dawn*" e "*RADrazz*".

Os valores da condutância variaram de  $0,0960$  a  $0,1292 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para a espécie *Euphorbia milii* e de  $0,007$  a  $0,0927 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para a espécie *Zamioculcas zamiifolia*. Lacerda *et al.* (2020) constataram que baixos valores de condutância estomática e taxa de transpiração podem contribuir para uma maior tolerância das plantas ao estresse salino. Li *et al.* (2017) também verificaram que plantas expostas ao estresse salino que apresentam menor condutância estomática e transpiração, normalmente apresentam maior eficiência no uso da água, apesar de menor taxa fotossintética.

Verifica-se na Figura 27 a resposta da transpiração das plantas de *Euphorbia milii* em função da salinidade. Os dados se ajustaram a um modelo linear decrescente com perdas de 47,5% quando as plantas foram irrigadas com água de maior nível salino (5,0  $\text{dS m}^{-1}$ ). Os valores da transpiração dessa espécie variaram entre 1,8290 a 3,6119  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . O incremento da salinidade na água de irrigação também provocou redução linear na transpiração da espécie *Zamioculcas zamiifolia* (Figura 27) com perdas de 92,9% no nível máximo da CE. A transpiração variou entre 0,2244 a 2,0489  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sendo que nos ambientes com maiores taxas transpiratórias

também apresentaram maiores valores da condutância estomática, que por sua vez conduz a maiores valores nas trocas gasosas. Variações na abertura estomática decorrente de processo osmótico reduz a disponibilidade de água para a planta, implicando numa redução do fluxo de vapor d'água para a atmosfera, afetando a transpiração (GONÇALVES *et al.*, 2010).

Figura 27 – Transpiração (E) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



Fonte: o autor

#### 4.5.2 Trocas gasosas com simulação de luz em cada ambiente

Nas análises das trocas gasosas simulando-se as condições de luminosidade de cada ambiente para o horário da medição (1350, 945, 675 e 405  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  respectivamente nos ambientes com pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento) verificaram-se resultados diferentes da medição obtida com luz saturante, com maior número de interações significativas (Tabela 10).

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) de plantas das espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* cultivadas a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação.

FV	GL	Quadrados médios		
		A	gs	E
Ambiente (A)	3	9,28*	0,0002 <sup>ns</sup>	1,9191**
Resíduo (a)	9	1,42	0,0036	0,1821
Salinidade (B)	3	209,40**	0,1201**	22,3004**
A x B	9	4,03 <sup>ns</sup>	0,0054 <sup>ns</sup>	0,8489**
Resíduo (b)	36	2,54	0,0038	0,2658
Espécie (C)	1	789,88**	0,3424**	78,9525**
A x C	3	55,63**	0,0317**	5,9525**
B x C	3	24,50**	0,0032 <sup>ns</sup>	2,4155**
A x B x C	9	6,41**	0,0079*	0,8216**
Resíduo (c)	48	2,00	0,0031	0,2032
CV (a) (%)	-	18,59	23,74	21,40
CV (b) (%)	-	24,87	24,30	25,86
CV (c) (%)	-	22,06	21,98	22,61

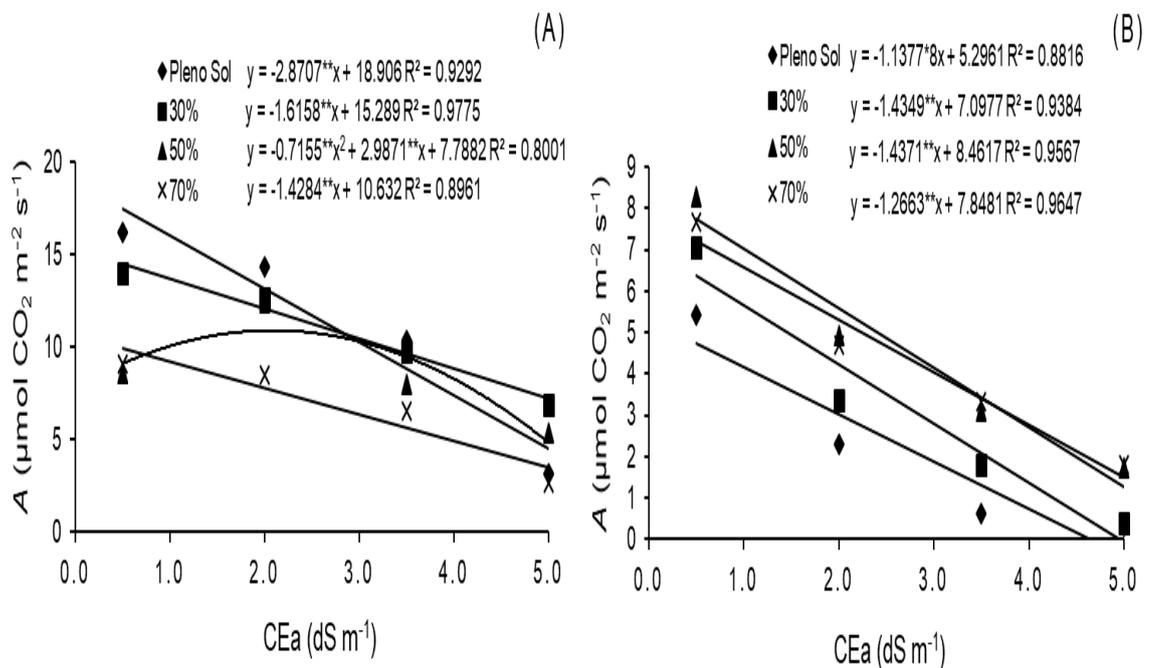
FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*, \*\*, <sup>ns</sup> – significativo pelo teste F a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Fonte: o autor

Apesar das condições de luminosidade terem sido diferenciadas nessa segunda avaliação, os impactos da salinidade sobre as taxas de fotossíntese foram similares. Entre o maior nível de salinidade e o controle, verifica-se que a redução das taxas fotossintéticas das plantas de *Euphorbia milii* foi de 73,9; 50,2; 46,8 e 64,8% (Figura 28A) e para *Zamioculcas zamiifolia* de 100; 100; 83,5 e 78,9% (Figura 28B), respectivamente a pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento. A capacidade fotossintética pode ser afetada pelo estresse oxidativo que ocorre nos cloroplastos (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017), perturbação da cadeia de elétrons fotossintética e/ou inibição das enzimas do ciclo de Calvin, todos decorrentes do estresse salino. Decréscimos na fotossíntese ocasionados pela salinidade e constatados nesse trabalho, também estão de acordo com os resultados apresentados por Silva *et al.* (2019) que avaliando o efeito de diferentes concentrações de NaCl nos parâmetros fisiológicos e fotossintéticos em plantas de aveia branca (*Avena sativa* L.) submetidas a diferentes concentrações de NaCl (0, 50, 100 e 150mM) aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura, constataram redução das trocas gasosas a concentrações maiores que 100mM de NaCl, com queda na produtividade. Álvarez *et al.* (2015) estudando o efeito

do déficit hídrico, salinidade e ambos aplicados simultaneamente em vários parâmetros fisiológicos e morfológicos na planta ornamental *Callistemon laevis*, verificaram diminuição da fotossíntese e da condutância estomática de forma mais acentuada nas plantas submetidas aos dois estresses, cujo efeito diminuiu a fotossíntese.

Figura 28 – Fotossíntese (A) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



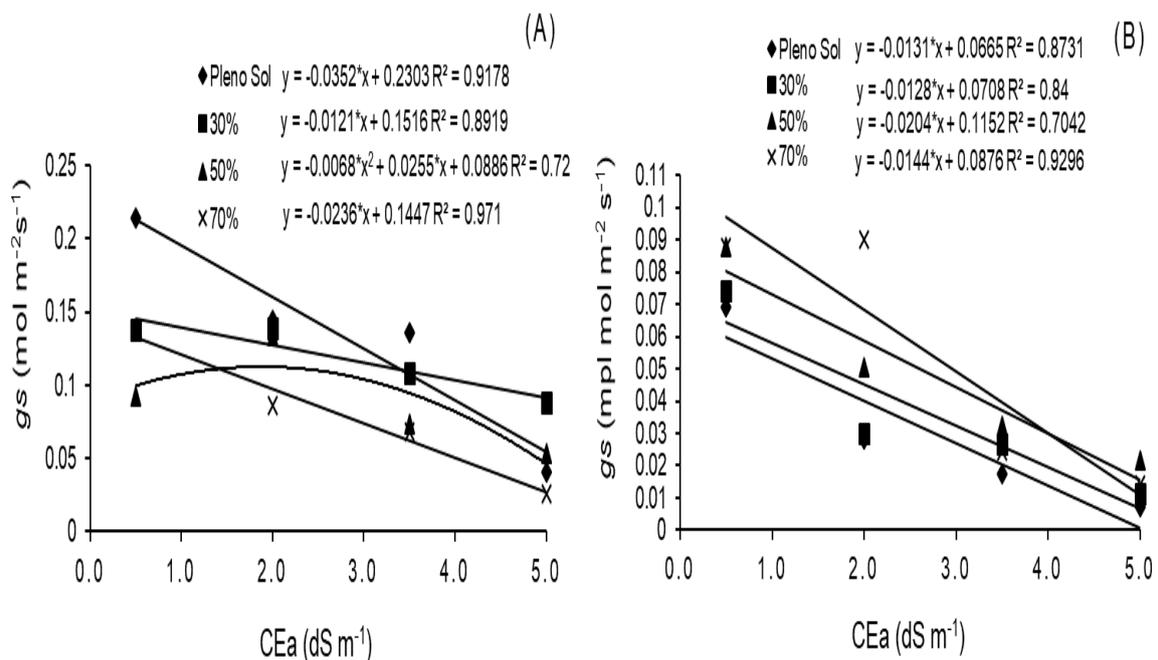
Fonte: o autor

Foram observadas reduções lineares nos valores da condutância estomática das plantas de *Euphorbia milii*, com perdas da ordem de 74,4; 37,3 e 80% a pleno sol e nos telados com 30% e 70% de sombreamento respectivamente, quando se compara o maior e menor nível salino (5,0 e 0,5  $\text{dS m}^{-1}$ ); o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para o telado com 50% de sombra, verificando-se decréscimo na curva a partir de 2,3  $\text{dS m}^{-1}$  (Figura 29A). Nas plantas cultivadas a pleno sol os valores da condutância variaram entre 0,0408 a 0,2137  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  uma média de 0,1272  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; no telado com maior nível de sombreamento (70%) o valor oscilou entre 0,0262 a 0,1381  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  média de 0,0821  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , demonstrando que a *E.*

*mili* submetida ao estresse salino apresenta maior valor da condutância em plantas de sol do que na de sombra.

Todos os ambientes estudados seguiram modelos de respostas lineares decrescente na condutância estomática das plantas da espécie *Zamioculcas zamiifolia* (Figura 29B). Para cada unidade de CEa na água de irrigação a redução foi a taxas constantes de 0,0131, 0,0128, 0,0204 e 0,0144 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> respectivamente a pleno sol e telados com 30, 50 e 70% de sombreamento. A condutância variou de 0,0071 a 0,1122 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Figura 29 – Condutância estomática (gs) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



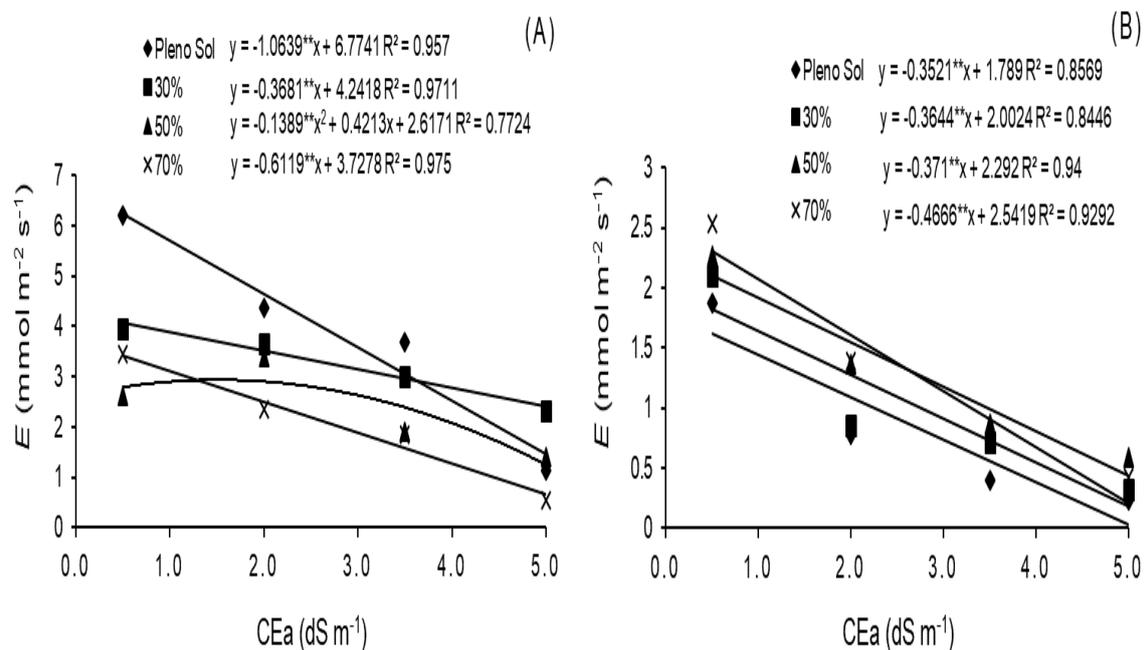
Fonte: o autor

Conforme as inferências de Carillo *et al.* (2019) a redução da condutância estomática pode estar associada à ação do sódio que reduz a captação de potássio além de substituí-lo nas principais reações enzimáticas. A redução da condutância é uma das causas de declínio da fotossíntese e menor taxa transpiratória.

O incremento da salinidade na água de irrigação afetou a transpiração das plantas da espécie *E. milii*, com dados ajustados a um modelo linear decrescente nos ambientes a pleno sol e telados com 30% e 70% de sombreamento, a taxas

constantes respectivamente de 1,0639; 0,03681 e 0,6119  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para cada unidade de condutividade elétrica na água de irrigação; no telado com 50% de sombreamento, verifica-se um decréscimo na transpiração a partir de 2,3  $\text{dS m}^{-1}$  ajustada a equação a um modelo quadrático (Figura 30A). Os valores da transpiração variaram entre 0,5458 a 6,2181  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Figura 30 – Transpiração (E) das espécies ornamentais *Euphorbia milii* (A) e *Zamioculcas zamiifolia* (B) cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica na água de irrigação-CEa.



Fonte: o autor

Assim como nas plantas da espécie *Euphorbia milii* o incremento da salinidade na água de irrigação também afetou a transpiração das plantas da espécie *Zamioculcas zamiifolia* (Tabela 30B). Os dados foram ajustados a um modelo linear decrescente em todos os ambientes estudados, a taxas constantes de 0,3521, 0,3644, 0,371 e 0,4666  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  respectivamente a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento para cada unidade de condutividade elétrica na água de irrigação. A pleno sol ocorreu a maior redução das taxas transpiratórias cerca de 98,2%, enquanto que a menor (79,2%) foi constatada sob 50% de sombra; nos telados com 30% e 70% de sombreamento as reduções foram respectivamente de 90% e 90,9% nas plantas irrigadas com água de 5,0  $\text{dS m}^{-1}$  em relação ao tratamento controle.

Os valores da transpiração na *Z. zamiifolia* variaram entre 0,2382 a 2,5265  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . A menor taxa transpiratória nessas condições possibilitaria uma regulação mais controlada das perdas de água limitando o fluxo e acúmulo de sais para a parte aérea (FERNANDES-GARCIA *et al.*, 2014). De acordo com Ueda *et al.* (2003) a inativação dos canais de influxo K das células-guardas provocado pelo excesso de sódio induz o fechamento estomático, o que pode levar à redução da transpiração.

#### 4.6 Tolerância à Salinidade

A Tabela 11 apresenta os percentuais de redução nas variáveis quantitativas e a classificação da tolerância à salinidade para as duas espécies sob diferentes ambientes de cultivo. Verifica-se que as duas espécies se mostraram tolerantes à salinidade até 2,0  $\text{dS m}^{-1}$ , independente do ambiente de cultivo, considerando-se os dados de produção de biomassa da parte aérea, subterrânea e biomassa total, sendo os impactos maiores no crescimento da parte aérea do que nas raízes. Para os níveis de salinidade de 3,5 e 5,0  $\text{dS m}^{-1}$  predominam as classificações de moderadamente tolerante e moderadamente sensíveis, respectivamente. Considerando-se os dados da matéria seca subterrânea, a espécie *Z. zamiifolia* apresentou classificação de moderadamente sensível para pleno sol e moderadamente tolerante para o ambiente com 70% de sombreamento. Esse resultado pode ser um indicativo de desempenho insatisfatório das plantas controle dessa espécie sob condições de pleno sol, visto que a mesma prefere ambientes mais sombreados. Por outro lado, a espécie *E. milii* apresenta melhor desempenho nos níveis intermediários de sombreamento (30 e 50%), considerando-se os dados de matéria seca da parte aérea. O sombreamento possibilita a modulação de um microclima no nível da cultura, implicando em menor demanda de água pela planta com a diminuição da evapotranspiração, o que conduz a um menor estresse salino; possibilita também o controle da homeostase iônica e o equilíbrio hormonal da planta para lidar com o estresse salino (GÁLVEZ *et al.*, 2020).

Tabela 11 – Reduções relativas de massa seca da parte aérea, matéria seca subterrânea, matéria seca total e taxa de fotossíntese das espécies *E. millii* e *Z. zamiifolia* cultivadas a pleno sol e em telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento, e as respectivas classificações de tolerância à salinidade.

Ambientes	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
	2,0			5,0		
	<i>E. millii</i>			<i>Z. zamiifolia</i>		
	Matéria seca da parte aérea (redução relativa, %)					
Pleno Sol	17,7 T	35,4 MT	53,1 MS	9,2 T	23,5 MT	27,5 MT
30% de sombreamento	11,6 T	23,1 MT	34,7 MT	14,6 T	29,3 T	43,9 MS
50% de sombreamento	0,0 T	13,2 T	43,2 MS	10,1 T	20,1 MT	30,0 MT
70% de sombreamento	15,5 T	31,0 MT	46,6 MS	16,4 T	32,7 MT	49,1 MS
	Matéria seca subterrânea (redução relativa, %)					
Pleno Sol	0,0 T	0,0 T	38,4 MT	13,3 T	26,8 MT	40,2 MS
30% de sombreamento	8,7 T	17,4 T	26,1 MT	11,9 T	24,1 MT	36,1 MT
50% de sombreamento	0,0 T	8,2 T	39,6 MT	8,5 T	17,0 T	25,4 MT
70% de sombreamento	9,2 T	18,4 T	27,6 MT	12,4 T	25,3 MT	38,1 MT
	Matéria seca total (redução relativa, %)					
Pleno Sol	17,2 T	34,4 MT	51,6 MS	12,0 T	24,0 T	36,0 MT
30% de sombreamento	9,2 T	18,3 T	27,5 MT	13,2 T	26,4 MT	40,1 MS
50% de sombreamento	0,0 T	9,7 T	41,4 MS	9,3 T	18,6 T	27,9 MT
70% de sombreamento	15,0 T	30,0 MT	45,0 MS	14,2 T	28,3 MT	42,5 MS
	Taxa de fotossíntese (redução relativa, %)					
Pleno Sol	24,6 MT	49,2 MS	73,9 S	36,0 MT	72,2 S	100,0 S
30% de sombreamento	16,7 T	33,4 MT	50,2 MS	33,7 MT	67,4 S	100,0 S
50% de sombreamento	0,0 T	0,0 T	46,8 MS	27,8 MT	55,6 MS	83,5 S
70% de sombreamento	21,6 MT	43,2 MS	64,8 S	26,3 MT	52,6 MS	78,9 S

T- Tolerante; MT- Moderadamente Tolerante; MS- Moderadamente Sensível.

Fonte: o autor

Por outro lado, a taxa de fotossíntese se mostrou um indicador quantitativo bem mais sensível que a produção de biomassa, sendo uma variável que pode antecipar uma possível intensificação do estresse por excesso de radiação e, ou salinidade. Para a *E. millii* verifica-se que os ambientes de 30 e 50% de sombreamento proporcionaram os melhores resultados, sendo a espécie classificada como tolerante ou moderadamente tolerante até 3,5 dS m<sup>-1</sup>, nessas duas condições de luminosidade (Tabela 11). Já a espécie *Z. zamiifolia* mostrou maior sensibilidade aos sais, especialmente nos ambientes pleno sol e com 30% de sombreamento, nos quais foi classificada como sensível a partir da salinidade de 3,5 dS m<sup>-1</sup>, com reduções superiores de 60% na taxa de fotossíntese.

Os efeitos da salinidade sobre a matéria seca da parte aérea e sobre as respostas fisiológicas foliares podem ser justificados pelo desbalanço hídrico na interface solo-planta e também pela toxidez, associada ao acúmulo de íons nos tecidos foliares (MUNNS; TESTER, 2008). No ambiente a pleno sol parte das folhas mais velhas de *Z. zamiifolia* apresentaram queimaduras nas bordas, resultando em danos visuais, conforme também observados em outras espécies (CASSANITI; LEONARDI; FLOWERS, 2009; CASSANITI *et al.*, 2013; CAI *et al.*, 2014). As reduções expressivas da taxa de fotossíntese causadas pela salinidade nos ambientes com menor luminosidade (Tabela 11) estão em conformidade com as observações visuais dos danos foliares.

#### 4.7 Análise Sensorial

A análise sensorial possibilita determinar diferenças nas respostas de plantas ornamentais (OLIVEIRA *et al.*, 2018), as quais muitas vezes não são evidenciadas por análises de variáveis quantitativas (CASSANITI *et al.*, 2013; NIU *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2018; ROSSINI *et al.*, 2012). Critérios visuais diversos como exuberância das folhas, hastes longas, coloração verde brilhante, aspecto aparentemente rústico e ocorrência frequente da espécie na região de estudo também são utilizados na seleção de plantas com potencial ornamental como o demonstrado por Tognon *et al.* (2016) em estudos sobre prospecção de plantas das espécies *Baccharis milleflora* e *Baccharis tridentata*.

A análise qualitativa, considerando a aparência geral, demonstrou claramente que a espécie *E. milii* apresenta melhor resultado com 30% de sombreamento, mantendo boa performance até a salinidade de 3,5 dS m<sup>-1</sup> nesta condição de luminosidade (Tabela 12). Isso pode ser explicado, em parte, pela manutenção e até aumento na produção de flores em níveis moderados de sombreamento (Figura 17A) e de salinidade (Figura 17B). Esse resultado da aparência geral coincide com os dados do teste de preferência, quando se observa maior número de julgadores escolhendo as plantas do ambiente com 30% de sombreamento, para os níveis de salinidade de 0,5; 2,0 e 3,5 dS m<sup>-1</sup> (Figura 31). Resultados semelhantes foram obtidos com outras espécies (NEVES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Tabela 12 – Médias das notas atribuídas à qualidade visual das plantas de *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia*, segundo os critérios da escala hedônica para aparência geral.

CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Níveis de Sombreamento (%)			
	0	30	50	70
<i>Euphorbia milii</i>				
0,5	7,11 ±0,23	8,04 ±0,18	7,15 ±0,19	6,73 ±0,25
2,0	6,11 ±0,32	7,00 ±0,22	5,31 ±0,36	6,02 ±0,27
3,5	5,57 ±0,33	6,91 ±0,28	4,77 ±0,33	6,51 ±0,24
5,0	5,20 ±0,34	6,64 ±0,25	6,97 ±0,27	6,40 ±0,25
<i>Zamioculcas zamiifolia</i>				
0,5	5,73 ±0,34	7,91 ±0,14	7,75 ±0,13	6,73 ±0,23
2,0	5,71 ±0,31	6,97 ±0,20	7,08 ±0,13	7,22 ±0,26
3,5	6,31 ±0,27	6,55 ±0,26	5,64 ±0,34	6,68 ±0,23
5,0	5,31 ±0,33	6,40 ±0,24	5,93 ±0,30	7,42 ±0,20

Os valores são médias ± erro padrão da média (n = 45)

Fonte: o autor

A pleno sol, o tratamento irrigado com água de CE 0,5 dS m<sup>-1</sup> (controle) resultou a maior média para a espécie *Euphorbia milii*; a menor média foi atribuída ao tratamento irrigado com CE de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. No telado com 30% de sombreamento foram obtidas as maiores notas do experimento. As menores médias dos tratamentos salinos foram verificadas no telado com 50% de sombreamento, à exceção do submetido a CE de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. No telado com 70% de sombra, o tratamento irrigado com água de CE 3,5 dS m<sup>-1</sup> apresentou a maior média dentre os tratamentos salinos (Tabela 12).

As maiores notas atribuídas às plantas da espécie *Euphorbia milii* no telado com 30% de sombreamento, deve-se a performance da planta no que se refere ao número e intensidade avermelhada das suas flores, expressando a verdadeira beleza e valor comercial dessa ornamental; de acordo com Whistler (2000) uma planta é ornamental quando seu valor está na beleza das flores. As plantas de menor pontuação na avaliação dos julgadores foram as cultivadas a pleno sol e no telado com 50% de sombreamento que estavam submetidas aos níveis mais elevados da condutividade elétrica de 5,0 e 3,5 dS m<sup>-1</sup> respectivamente.

Por outro lado, a espécie *Z. zamiifolia*, apresenta baixos índices de avaliação geral no tratamento a pleno sol, independentemente do nível de salinidade (Tabela 12), resultado amplamente confirmado pelo teste de preferência (Figura 32). Essa espécie apresenta boa avaliação qualitativa para o nível de salinidade de 2,0 dS m<sup>-1</sup>,

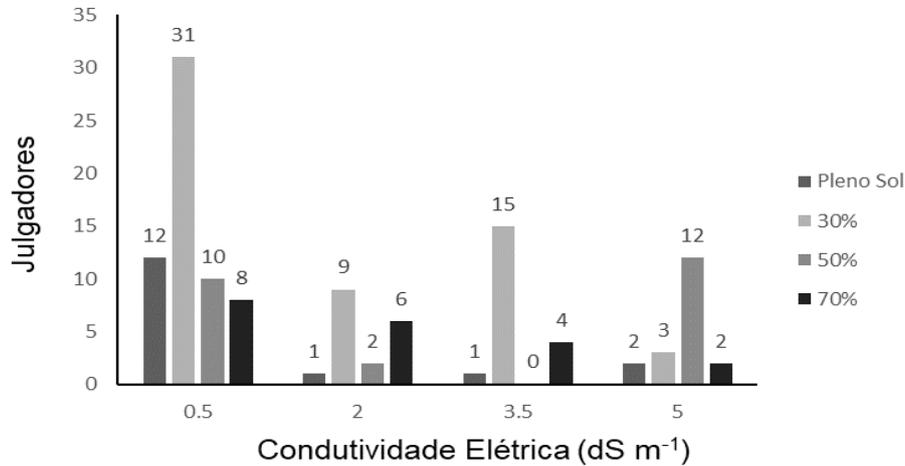
considerando-se os níveis de sombreamento de 30, 50 e 70%. Para esse último nível de sombreamento essa espécie apresenta avaliações muito boas, superiores ao tratamento controle, mesmo no maior nível de salinidade. Os dados do teste de preferência demonstram também que o ambiente pleno sol (plantas menores, de menor área foliar, menos massa seca da parte aérea e número de ramos e ainda com sintomas de queimaduras das bordas em parte das folhas mais velhas) é inviável para o cultivo de *Z. zamiifolia*, independentemente do nível de salinidade (Figura 32), sendo que o sombreamento de 30 a 50% pode ser recomendado para o cultivo dessa espécie sob condições de baixa salinidade.

As plantas da espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia* demonstraram sensibilidade ao sol; nessa condição e ao receber tratamento salino, apresentaram queimaduras nas bordas das folhas, perdendo dessa forma valor ornamental visto que o aspecto visual é particularmente importante para as espécies ornamentais (VEATCH-BLOHM *et al.*, 2012).

Além da pontuação dada à qualidade visual das plantas, os julgadores foram suscitados a opinar sobre a intenção de compra de 03 amostras, momento em que se expressou a resposta dos consumidores ao teste de preferência.

Para a espécie *Euphorbia milii* observa-se que na condição controle ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), há destacada preferência pelo ambiente com 30% de sombreamento, o que pode ser explicado, em parte, pela maior produção de flores (Figura 12) e melhor qualidade visual de folhas. Considerando-se os tratamentos que receberam solução salina, a maior intenção de compra foi para as plantas cultivadas no telado com 30% de sombreamento e irrigadas com CE de  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , com favoritismo de 15 juízes; a segunda preferência foi pela escolha de plantas do telado com 50% de sombra e submetidas à CE de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  com anuência de 12 juízes e por últimas, plantas do telado com 30% de sombreamento e cultivadas com  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  com preferência de 9 juízes (Figura 31). Contrastando as melhores notas, as plantas do telado com 50% de sombra submetida a  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  não apresentaram opção de compra e as cultivadas a pleno sol nas salinidades  $2,0$  e  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  apenas um juiz expressou intenção de compra. De modo geral, os ambientes de pleno sol e 70% de sombreamento não resulta em produtos dessa espécie com boa qualidade visual, face as baixas preferências em quase todos os tratamentos, notadamente com presença de salinidade.

Figura 31 – Número de julgadores que declararam intenção de compra da espécie ornamental *Euphorbia milii* cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de condutividade elétrica.

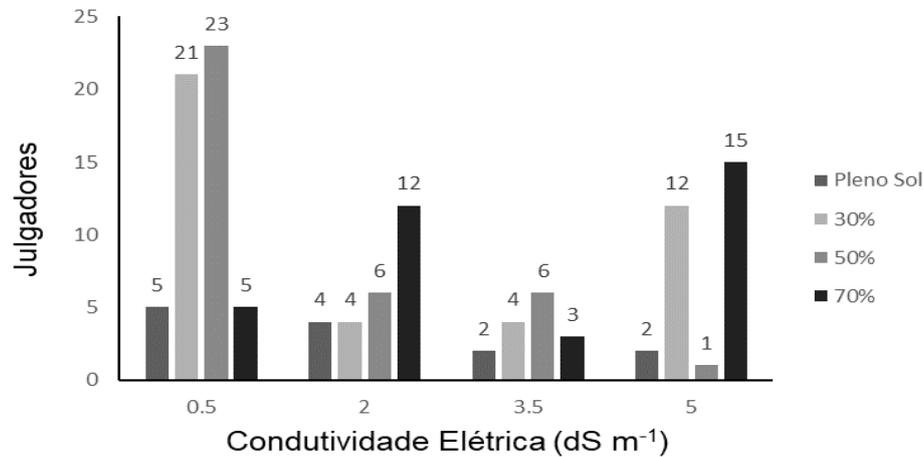


Fonte: o autor

A *Euphorbia milii* é uma espécie que se desenvolve bem a pleno sol; no entanto, quando submetida a tratamento salino mesmo nessa condição, suas plantas alcançaram as piores intenções de compra (Figura 31). A qualidade visual das flores foi critério fundamental na escolha da intenção de compra, sendo mais determinante que altura e área foliar das plantas.

De modo geral, o tratamento de pleno sol foi o menos recomendado para as plantas de *Zamioculcas zamiifolia*, considerando-se a preferência dos avaliadores (Figura 31). Para a condição controle ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), os ambientes com 30 e 50% de sombreamento resultaram em alta preferência dos avaliadores. Por outro lado, grande parte dos juízes evidenciou interesse de compra nas plantas cultivadas no telado com 70% de sombreamento e irrigadas com CE de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ; as outras escolhas contemplaram plantas desse mesmo telado, mas irrigadas com CE de  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  e plantas do telado com 30% de sombreamento submetidas à CE de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 32).

Figura 32 – Número de julgadores que declararam intenção de compra da espécie ornamental *Zamioculcas zamiifolia* cultivada a pleno sol e telados com 30%, 50% e 70% de sombreamento e submetida a níveis crescentes de condutividade elétrica.



Fonte: o autor

Nossos resultados demonstram o efeito positivo do sombreamento no cultivo da espécie *Z. zamiifolia* quando se utiliza água de alta salinidade, evidenciado, em parte, pela resposta fotossintética (Tabela 12) e pela avaliação visual de potenciais compradores (Tabela 12; Figura 32). A escolha do público consumidor levou em conta a ausência de danos visuais nas folhas provocados pelo aumento da toxicidade de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, os quais foram verificadas apenas nas plantas dessa espécie cultivadas a pleno sol, com influências negativas no valor decorativo.

## 5. CONCLUSÕES

O sombreamento teve maior impacto nas variáveis qualitativas das plantas do que na tolerância à salinidade baseada em variáveis quantitativas.

O ambiente com 30% de sombreamento é o mais propício para o cultivo da *Euphorbia milii* quando se utiliza baixa e moderada salinidade. Nesse ambiente a planta apresentou um equilíbrio entre as partes vegetativas e reprodutivas e a qualidade da flor foi preservada.

O sombreamento reduz os danos diretos da radiação nas folhas de *Zamioculcas zamiifolia* e melhora a qualidade visual dessa espécie sob elevada salinidade.

A condição de alta irradiância estimulou em plantas da espécie *Euphorbia milii* maior partição de biomassa para a parte aérea (média de 39% considerando todos os ambientes) em oposição ao sistema radicular (8,76%). A espécie *Zamioculcas zamiifolia* alocou maior fração de biomassa para o conjunto raiz+rizoma (cerca de 65% de fotoassimilados).

O sombreamento proporcionou aumento linear das taxas fotossintéticas da espécie *Z. zamiifolia*. Na *Euphorbia milii* esse aumento também foi observado, mas somente até 30% de sombra; verificou-se ainda nessa espécie redução da condutância estomática. A salinidade por sua vez afetou as trocas gasosas, com redução das taxas fotossintéticas, condutância estomática e transpiração.

Os teores de sódio (Na) e dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram influenciados pelo efeito do sombreamento e salinidade.

As plantas da espécie *Euphorbia milii* de maior aceitação comercial pelo público foram as cultivadas no ambiente a 30% de sombreamento submetidas a irrigação com água de condutividade elétrica de 2,0 e 3,5 dS m<sup>-1</sup> e sob 50% de sombra com água de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. As plantas com melhor avaliação da espécie *Zamioculcas zamiifolia* foram as do ambiente a 70% de sombreamento nas salinidades 2,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup> e sob 30% de sombra submetida à irrigação com água de 5,0 dS m<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos sustentam ser verdadeira a hipótese formulada, visto que em ambientes sombreados as espécies ornamentais *Euphorbia milii* e *Zamioculcas zamiifolia* produziram plantas mais altas, de maior área foliar, maior acúmulo de

matéria seca da parte aérea e das flores e um maior número de flores, sendo essas duas últimas variáveis inerentes apenas à espécie *Euphorbia mili*.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MOTOS, J. R.; DIAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanisms in the ornamental *Myrtus communis* L. plants. **Journal of Plant Physiology**, v.183, p.41-51, 2015.
- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; ÁLVAREZ, S.; LÓPEZ-CLIMENT, M. F.; C ADENAS, A. G.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Changes in growth, physiological parameters and the hormonal status of *Myrtus communis* L. plants irrigated with water with different chemical compositions. **Journal of Plant Physiology**, v.191, p.12-21, 2016.
- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, 7, 18; doi:10.3390/agronomy7010018. 2017
- ADECE - AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ S. A. Mineração. 2017. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br/index.php/minera%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 27 out. 2019.
- AL-HELAL, I.M., ABDEL-GHANY, A.M. Measuring and evaluating solar radiative properties of plastic shading nets. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v.95, p.677–683, 2011.
- ALMEIDA, S., M., Z., SOARES, A., M., CASTRO, E., M., VIEIRA, C., V., GAJEGO, E., B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v.35(1), p. 62-68, 2005.
- ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v.185, p.65-74, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos: Informe 2014. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf). Acesso: 27 out. 2019.
- ASHRAF, M., SHAHZAD, S.M., IMTIAZ, M., RIZWAN, M.S. Salinity effects on nitrogen metabolism in plants—focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41 (8), p.1065–1081, 2018.
- AYDINSAKIR, K.; TEPE, A.; BUYUKTAS, D. Effects of saline irrigation water applications on quality characteristics of freesia grown in greenhouse. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, v.23(1), p. 65–72, 2010.
- 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. **Ornamental Horticulture**, v. 16, n.2, 2010.

- BELLOT, M. J.; ÁLVAREZ, S.; BANNÓN, S.; ORTANO, M. F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Physiological mechanisms involved in the recovery of euonymus and Laurustinus subjected to saline Waters. **Agricultural Water Management**. v.128, p. 131-139, 2013.
- BEZERRA, F. M. S.; LACERDA, C. F.; RUPPENTHAL, V.; CAVALCANTE, E. S.; OLIVEIRA, A. C. Salt tolerance during the seedling production stage of *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* and *Celosia argentea*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, e20196590, 2020.
- BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. da S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Avaliação dos efeitos de águas salobras em relação ao crescimento e a produção de plantas de manjerição em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18 (12), p.1228 (7), 2014.
- BRAGA, J. M.; DE FELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.
- BRAINER, M. S. C. P. Quando nem tudo são flores, a floricultura pode ser uma alternativa. **Caderno Setorial ETENE**, BNB, ano 3, n. 42, 2018.
- CAI, X.; NIU, G.; STARMAN, T.; HALL, C. Response of six garden roses (*Rosa × hybrida* L.) to salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 27- 32, 2014.
- CANTABELA, D.; PIQUERAS, A.; ACOSTA-MOTOS, J. R.; BERNAL-VICENTE, A.; HERNÁNDEZ, J. A.; DIAS-VIVANCOS, P. Salt-tolerance mechanisms induced in *Stevia rebaudiana* Bertoni: Effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.115, p. 484-4962, 2017.
- CARILLO, P.; CIRILLO, C.; De MICCO, V.; ARENA, C.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptive responses to saline water of *Bougainvillea spectabilis* Willd. trained to different canopy shapes. **Agricultural Water Management**, v. 212, p.12–22, 2019.
- CARNEIRO, I., F., DUARTE, E., F., SILVA, N., F. Efeito de níveis de sombreamento sobre o desenvolvimento de *Dyckia goehringii* Gross & Rauh (Bromeliaceae) em ambiente protegido. **16° Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais / 3° Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas / 1° Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas**. 2007.
- CARMO, G. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; FREITAS, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 512–518, 2011.
- CARVALHO, J. F.; TSIMPHO, C. J.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; SANTOS, M. H. V.; SANTOS, A. V. Produção e biometria do milho verde irrigado com água

salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p. 368-374, 2012.

CASSANITI, C., LEONARDI, C., FLOWERS, T.J. The effect of sodium chloride on ornamental shrubs. **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 586–593, 2009.

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; FLOWERS, T. J. The response of ornamental plants to saline irrigation water. *In*: GARCÍA GARIZÁBAL, I.; ABRAHAO, R. (eds). **“Irrigation: Types, Sources and Problems/Book 2”**. Intech, Rijeka, Croatia, p. 131–158. 2012.

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; HOP, M. E. C. M.; FLOWERS, T. J. Growing floricultural crops with brackish water. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 65-175, 2013.

CAVALCANTE, M. Z. B.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; BELLINGIERI, P. A.; CAMPOS, M. C. C. Condutividade elétrica da solução nutritiva para o cultivo do crisântemo em vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p. 747-756, 2010.

CODESVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Salinização do Solo. 2017. Disponível em: <http://goo.gl/BxH1MI>. Acesso em: 10 jul. 2019.

BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Zunete. **Características de substratos e concentrações de soluções nutritivas para o cultivo do crisântemo em vaso**. 2007. ix, 145 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/105224>. Acesso em: 10 jul. 2019.

CHAVES, M. M.; COSTA, J. M.; SAIBO, N. J. M. Chapter 3-Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. **Advances in Botanical Research**. 57, 49–104. 2011.

CHEN, J. H.; HENNY, R. J. ZZ: A unique tropical ornamental foliage plant. **HortTechnology**, v. 13, p. 458-462, 2003.

CRUZ, J. L; PELACANI, C. R; COELHO, E. F; CALDAS, R. C; ALMEIDA, A. Q; QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, v. 65, p. 275-284, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000200009>.

DE GARA, L., FOYER, C. H. Ying and Yang interplay between reactive oxygen and reactive nitrogen species controls cell functions. **Plant Cell Environ**. 40, 459–461. 2017.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de.; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian

cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 628-633, 2018.

DOLATKHAHI, ALI., MATLOOBI, M., MOTALLEBIAZAR, A., VAHDATI, N. Shading Impact on Qualitative Characteristics and Chlorophyll Content of Cut Rose (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). **Journal of Ornamental Plants**, v. 3 (4), p. 215-220, 2013.

DON, K. K. G.; XIA, Y. P.; LE, Z. Z. C.; WIJERATNE, A. W. Some deleterious effects of long-term salt stress on growth, nutrition, and physiology of gerbera (*gerbera jamesonii* L.) and potential indicators of its salt tolerance. **Jornal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 2010-2027, 2010.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A.; SANTOS, M. O.; ARANTES, M. O. Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 477-479, 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Notícias. (Congresso mundial de dessalinização). 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticia/29361075/embrapa-participa-do-congresso-mundial-dedessalinizacao-ida-2017>. Acesso em: 10 dez de 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 230 p. 2011.

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.

FAROUZI, A.; GHASEMNEZHAD, A.; NASRABAD, R. G. Phytochemical response of Stevia plant to growth promoting microorganisms under salinity stress. **South African Journal of Botany**, v. 134, p.109-118, 2020.

FALSTER, D., S., DUURSMA, R., A., FITZJOHN, R., G. How functional traits influence plant growth and shade tolerance across the life cycle. **PNAS**, v. 115, n. 29, 2018.

FAVA, C.; L.; F; GIACHINI, R., M., SILVA, J., L., ANTUNES JÚNIOR, M., Z., SILVA, J., A. Sombreamento na produção inicial de hastes florais de *Strelitzia reginae* em Acorizal, MT. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 21, n.1, p.39-46, 2015.

FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. 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.181-199, 2010.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; OLMOS, E.; BARDISI, E.; GARCÍA-DE, L. G. J.; LÓPEZ-BERENGUER, C.; RUBIO-ASENSIO, J. S. Intrinsic water use efficiency controls the

adaptation to high salinity in a semi-arid adapted plant, henna (*Lawsonia inermis* L.). **Journal Plant Physiology**, v.171, n. 5, p. 64–75, 2014.

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**, v.16, n. 4, p. 839-849, 2012.

GÁLVEZ, A., ALBACETE, A., AMOR, F., M., LÓPEZ-MARIN, J. The Use of Red Shade Nets Improves Growth in Salinized Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants by Regulating Their Ion Homeostasis and Hormone Balance. **Agronomy**, 2020, 10(11), 1766; <https://doi.org/10.3390/agronomy10111766>.

GARCIA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 430-439, 2018.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LLANDERAL, A.; PESTANA, M.; CORREIA, P. J.; LAO, M. T. Tolerance mechanisms of three potted ornamental plants grown under moderate salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 84-91, 2016.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **IDESIA**, v. 25, n. 3, p.93-106, 2007.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Ação de níveis de luminosidade sobre o crescimento de plantas de maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill). **Revista Brasileira de Biociências**, v.11, n.1, 2013.

GIORGIONI, M. E. Evaluation of landscape roses for low-maintenance gardening. **ISHS Acta Horticulturae** 751: IV International Symposium on Rose Research and Cultivation. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.751.41>

GOBBI, K., F., GARCIA, R., VENTRELLA, M., C., NETO., A., F., G., ROCHA, G., C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P., DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p. 378-386, 2010.

GOU, A.; ZHUO, C.; LU, S.; GUO, Z. A Universal Stress Protein from *Medicago falcata* (*MfUSP1*) confers multiple stress tolerance by regulating antioxidant defense and proline accumulation. **Environmental and Experimental Botany**. v.178, 2020.<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104168>

GURURANI, M. A.; VENKATESH, J.; TRAN, L. S. P. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. **Molecular Plant**, v. 8, p.1304–1320, 2015.

HANCIOGLU, N. E.; KURUNC, A.; TONTUL, I.; TOPUZ, A. Irrigation water salinity effects on oregano (*Origanum onites* L.) water use, yield and quality parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 247, p. 327-334, 2019.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M. M.; RAHMAN, A.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research International**, Juazeiro do Norte, v.1, p.1-17, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/757219>.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n .8, 2012.

HUXLEY, A.; GRIFFITHS, M; LEVY, M. The new Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening, v.2, **Grove's Dictionaries** Inc., New York, p. 245-268, 1999.

HURTADO, A, C.; CHICONATO, D. A.; PRADO, R. M.; JÚNIOR, G. S. S.; GRATÃO, P. L.; FELISBERTO, G.; VICIEDO, D. O.; SANTOS, D. M. M. Different methods of silicon application attenuate salt stress in sorghum and sunflower by modifying the antioxidative defense mechanism. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 203, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110964>

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA – IBRAFLOR. Padrão de qualidade: Critérios de classificação. Brasil. Campinas. Disponível em: [http://www.ibraflor.com/p\\_qualidade.php](http://www.ibraflor.com/p_qualidade.php). Acesso em: 23 fev. de 2018.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall Inc., 1958, 498p.

JEONG, K.; Y; PASIAN, C.; C; MCMAHON, M; TAY, D. Growth of Six Begonia Species Under Shading. **Biology**. **The Open Horticulture Journal**, v. 2, p. 22-28, 2009.

KAUR, G., ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. **Biologia Plantarum**, v. 59, p. 609–619, 2015.

LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, E. V. de; NEVES, A. L. R.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, M. A.; COSTA, C.A.G. Morphophysiological responses and mechanisms of salt tolerance in four ornamental perennial species under tropical climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 656-663, 2020.

LACERDA, C. F. *et al.* Strategies for the use of brackish water for crop production in Northeastern Brazil. In: TALEISNIK, E.; LAVADO, R. S. **Saline and alkaline soils in Latin America: natural resources, management and productive alternatives**. 1<sup>a</sup> Ed. Cham: Springer Nature, 2021, p.71-99.

LEE, M. K.; IERSEL, M. W. VAN. Sodium chloride effects on growth, morphology, and physiology of chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium*). **Hortscience**, v. 43, p. 1888–1891, 2008.

Li, X.; KANG, Y.; WAN, S.; CHEN, X.; XU, J. Effect of drip – irrigation with saline water on Chinese rose (*Rosa Chinensis*) during reclamation of very heavy coastal saline soil in a field trial. **Scientia horticulturae**, v.186, p.163-171, 2015.

Li, Y., Li, H., Li, Y., ZHANG, S. Improving water-use efficiency by decreasing stomatal conductance and transpiration rate to maintain higher ear photosynthetic rate in drought-resistant wheat. **The Crop Journal**, v. 5, p. 231–239, 2017.

LIMA, B. L. C.; LACERDA, C. F.; NETO, M. F.; CAMPELO, D. H.; SILVA, J. A.; ORTIZ, P. F. S.; BEZERRA, A. M. E. Light Availability and Salt Stress on Hazel *Sterculia* Seedlings. **Floresta e Ambiente**, 25 (4), 2018.  
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.056717>.

LOUSANE, L. C.; FRANCISCO de S. F.; FRANCISCO, A. P.; THOMAS, V. G.; JOÃO, A. C. Avaliação do impacto de uso de águas residuárias domésticas tratadas no desenvolvimento de espécies ornamentais *Heliconia psittocorum* e *Gladiolus hortulanus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12 (6), p. 606-613, 2008.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S. Plantas de girassol ornamental cultivados em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16 (2), p.165 (8), 2012.

MELO, A. A. M; ALVARENGA, A. A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don ‘Pacifica White’ por malhas coloridas: desenvolvimento vegetativo. **Ciênc. Agrotec**, v. 33, n. 2, p. 514-520, 2009.

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

MIRALLES, J.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J.; FRANCO, J. A.; BAÑON, S. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated shade environments: Morphological, anatomical and physiological responses. **Scientia Horticulturae**, v.127, p. 562-570. 2011.

MITTLER, R. ROS are good. **Trends in Plant Science**, v. 22, p.11-19, 2017.

MORADBEGYI, H.; JAMEI, R.; HEIDARI, R.; DARVISHZADEH. Investigating the enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense by applying iron oxide

nanoparticles in *Dracocephalum moldavica* L. plant under salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta2020.109537>

MOTA, P. R. D; FIORIM, A. C. R; VILLAS BÔAS, R. L; FOLEGATTI, M.V; LUDWIG, F; SILVA, M. E. A. Condutividade elétrica da solução nutritiva e acúmulo de macro e micronutrientes no cultivo de crisântemo. **Bragantia**, v.72, n.1, 2013.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-668, 2008.

NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; MCKENNEY, C. Response of selected wildflower species to saline water irrigation. **Horticultural Science**, v. 47, p.1351-1355, 2012.

NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; MCKENNEY, C. Response of selected wildflower species to saline water irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 47, p.1351-1355, 2012.

NAVARRO, A.; BAÑON, S.; OLMOS, E.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of *Arbutus unedo* plants. **Plant Science**, v.172, p.473-480, 2007.

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

NOBRE, R. G., LIMA, G. S., GHEYI, H. R., LOURENÇO, G. S., SORES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, 44 (1) • 2013 • <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100010>.

NOBRE, R. G., LIMA, G. S., GHEYI, H. R., SOARES, L. A. A., SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 148 – 158, 2014.

NOGUEIRA FILHO, F. P.; FREITAS, M. A. C; PEREIRA, M. S; SILVA, J. A.; LACERDA, C. F. Efeito da salinidade e luminosidade no crescimento inicial de *Plectranthus amboimicus* (Lour.) Spreng. **IV WINOTEC**, Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. 28 a 31 de maio. Fortaleza-Ceará-Brasil. 2012.

NOMURA, E. S., LIMA, J. D., RODRIGUES, D. S., GARCIA, V. A., FUZITANI, E. J., SILVA, S. H. M. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Ciência Rural**, 39 (5), 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000500014>

OLIVEIRA, F. R. A; OLIVEIRA, F. A; MEDEIROS, J. F; SOUSA, V. F. L; FREIRE, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 519-526, 2010.

- OLIVEIRA, E. V.; LACERDA, C. F. DE; NEVES, A. L. R.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, D. R.; OLIVEIRA, F. I. F. DE; VIANA, T. V. DE A. A new method to evaluate salt tolerance of ornamental plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 30, p.173-180, 2018
- PUCCIARIELLO, C., PERATA, P. New insights into reactive oxygen species and nitric oxide signalling under low oxygen in plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, p. 473-482, 2017.
- RADY, M. O. A.; SEMIDA, W. M.; EL-MAGEED, T.A.A.; HEMIDA, K. A.; RADY. M. M., Up-regulation of antioxidative defense systems by glycine betaine foliar application in onion plants confer tolerance to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 614-622, 2018.
- ROSSATTO, D. R.; TAKAHASHI, F. S. C.; SILVA, L. C. R.; FRANCO, A. C. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 24 (3) • 2010 • <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000300007>.
- RODRIGUES, C. R. F.; SILVA, E. N.; MOURA, R. M., ANJOS, D. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; VIÉGAS, R. A. Physiological adjustment to salt stress in *R. communis* seedlings is associated with a probable mechanism of osmotic adjustment and a reduction in water lost by transpiration. **Industrial Crops and Products**, v. 54, p. 233-239, 2014.
- ROGERS, H. J. From models to ornamentals: how is flower senescence regulated? **Plant Molecular Biology**, v. 82, p. 563–574, 2013.
- ROSSINI, K., ANZANELLOB, K. J., FOGLIATTOC, F. S. Seleção de atributos em avaliações sensoriais descritivas. **Produção**, v. 22, n. 3, p. 380-390, 2012.
- SABRA, A.; DAAYF, F.; RENAULT, S. Differential physiological and biochemical responses of three *Echinacea* species to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p .23 – 31, 2012.
- SÁNCHEZ-BLANCO, M. J., ÁLVAREZ, S., ORTUÑO, M. F., RUIZ-SÁNCHEZ, M.C. Root System Response to Drought and Salinity: Root Distribution and Water Transport. In: Morte A., Varma A. (eds) **Root Engineering. Soil Biology**, v. 40, Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, p. 325–352.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016.
- SANTOS, R. H. S.; DIAS, M. S.; SILVA, F. A.; SANTOS, J. P. O.; SANTOS, S. C.; REIS L. S.; TAVARES, C, S. Desempenho da rúcula sob condições de sombreamento e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 4, p. 38-45, 2020.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP (Brazil). 1974. 56p.

SEWELAM, N., KAZAN, K., SCHENK, P.M. Global plant stress signaling: reactive oxygen species at the cross-road. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p.187, 2016.

SILVA JÚNIOR, L.G.A.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.3, p.11-17, 1999. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi. v. 3, n.1, p. 11-17.

SILVA, E. M. da; LIMA, C. J. G. S.; MIRANDA, J. H. de; RIBEIRO, A. de A.; DUARTE, S. N. Cultivo da roseira sob diferentes níveis de salinidade do solo e relações nitrogênio: potássio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.1, p.1166 - 1179, 2017.

SILVA, G. R. **Comportamento do copo-de-leite em função de níveis de sombreamento, espaçamentos de plantio e períodos de convivência com plantas daninhas**. 59f. Tese (doutorado em fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SILVA, B. E. P.; COSTA, A. V. L.; SIMMI, F. Z.; REOLON, F.; DEUNER, S. Parâmetros fisiológicos e fotossintéticos de aveia branca submetidas à salinidade. **Revista Científica Rural**, v. 21, n.1, 2019.

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).

SOARES FILHO, S. W.; GHEYI, H. R.; BRITO, B. E. M.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, S.R. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; de LACERDA, C. F; FILHO GOMES, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap.17, p.259-274.

SOUZA, M. C. M. R.; MENEZES, A. S.; COSTA, R. S.; AMORIM, A. V.; LACERDA, C. F.; RIBEIRO, M. S. S. Tolerância à salinidade e qualidade de mudas de noni sob diferentes ambientes e matéria orgânica. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v.11, p. 2052-2062, 2017.

SOUZA, R., R., CAVALCANTE, M., Z., B., SILVA, E., M., AMARAL, G., C., BRITO, L., P., S., AVELINO, R., C. Growth and changes on morphology and physiology of heliconias according to different shading environments. **Comunicata Scientiae – Horticultural Journal** 7(2): 214-222, 2016.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. H. C.; SANTOS, F. S. S. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

- SPALHOLZ, H., PERKIN-VEAZIE, P.; HERNÁNDEZ, R. Impact of sun-simulated white light and varied blue: red spectrums on the growth, morphology, development, and phytochemical content of green and red-leaf lettuce at different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v. 264, 2020. <https://doi.org/j.scienta.2020.109195>.
- SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, S. P. D.; BRITO, K. S. A.; BRITO, K. Q. D.; SILVA, F.G.; BRITO, M.E.B. Emergência e crescimento inicial do gergelim 'BRS SEDA' irrigado com águas salinizadas. **II Inovagri International Meeting**. Fortaleza- Brasil, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M., MURPHY A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848p.
- TOGNON, G. B; CUQUEL, F. L. Potencial ornamental de *Baccharis milleflora* e *Baccharis tridentata* como folhagem de corte. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p.70-75, 2016
- TURNER, N. C. Turgor maintenance by osmotic adjustment: 40 years of progress. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n.13, p. 3223–3233, 2018.
- UEDA, A., KANECHI, M., UNO, Y., INAGAKI, N. Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. **Journal of Plant Research**. 116, 63–68. 2003.<https://doi.org/10.1007/s10265-002-0070-6>.
- UREÑA, M. P.; D'ÁRRIGO, M. H.; GIRÓN, O. M. Evaluación sensorial de los alimentos. Lima-Peru, Universidade Nacional Agrária La Molina, 1999, 197p.
- VEATCH-BLOHM, M. E., MALINOWSKI, M., KEEFER, D. Leaf water status, osmotic adjustment and carbon assimilation in colored calla lilies in response to saline irrigation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 144, p. 65-73, 2012.
- VIDAL, V. M., SOARES, F. A. L., TEIXEIRA, M. B., NETO, S. A. S. O., MORAIS, W. A., GOMES, F. H. F., SILVA, N. F., CUNHA, F. N. Produção e partição de biomassa na cultura do girassol submetido ao déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. Instituto Federal Baiano, Salvador, BA v. 5, n. 3, p. 67-73, 2016.
- VILLARINO, G. H.; MATTSON, N.S. Assessing Tolerance to Sodium Chloride Salinity in Fourteen Floriculture Species. **American Society for Horticultural Science**, v. 21, p. 539-545, 2011.
- WHISTLER, W. A. Tropical Ornamentals: a guide/. **Portland: Timber Press**, 2000. 542p.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das Plantas à Salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n.11, 23p, 2010.

YASUHARA, T.; NOKIHARA, K. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2001 49 (10), 4581-4583. DOI: 10.1021/jf010448z

ZHANG, Y.; LIU, A.; ZHANG, X.; HUANG, S. Effects of shading on some morphological and physiological characteristics of *begonia semperflorens*. **Pakistan Journal of Botany**, 50(6): 2173-2179, 2018.

ZHAO, D., HAO, Z., TAO, J. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 61, p.187-196, 2012.