



## CAPÍTULO 1

# EFEITOS DO ESTRESSE SALINO SOBRE ESPÉCIES DE *PASSIFLORA L.* PROPAGADAS POR SEMENTES E ESTACAS: RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1232517101>

**Regiana dos Santos Moura**  
<https://orcid.org/0000-0002-2847-2654>

**Rezario Martins Carvalho**  
<https://orcid.org/0000-0003-2749-2685>

**João Carlos Rocha dos Anjos**  
<https://orcid.org/0000-0002-2231-0953>

**Jordânia Medeiros Soares**  
<https://orcid.org/0000-0001-8900-5702>

**José Gil dos Anjos Neto**  
<https://orcid.org/0000-0001-8440-5280>

**Risoneide de Cássia Zeferino Silva**  
<https://orcid.org/0000-0001-5001-2016>

**Eudinete Ribeiro de Sousa**  
<https://orcid.org/0000-0001-8508-3201>

**Luana Maria Alves da Silva**  
<https://orcid.org/0000-0003-4382-3747>

**Djavan Pinheiro Santos**  
<https://orcid.org/0000-0002-1811-5362>

**RESUMO:** A salinidade da água e do solo constitui um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento vegetal em regiões semiáridas, afetando especialmente culturas sensíveis como as espécies do gênero *Passiflora L.*. Com este estudo objetivou-se avaliar os efeitos do estresse salino sobre parâmetros biométricos, fisiológicos e anatômicos em três espécies de maracujazeiro (*Passiflora edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata*), propagadas por sementes e estacas, visando

elucidar os mecanismos de tolerância e fornecer subsídios técnicos para o cultivo em ambientes salinizados. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 5 \times 2$  (espécie  $\times$  níveis de salinidade da água de irrigação  $\times$  método de propagação), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ( $0,3; 1,8; 3,3; 4,8$  e  $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). Avaliaram-se variáveis biométricas (altura, massa seca, número de folhas, diâmetro de caule, volume e comprimento radicular), fisiológicas (clorofila total, condutância estomática, consumo hídrico) e anatômicas (espessuras de tecidos foliares e radiculares, organização dos feixes vasculares, presença de estruturas de defesa). Os resultados indicaram que o aumento da salinidade reduziu significativamente o crescimento das mudas, com maior sensibilidade nas plantas propagadas por sementes. *P. edulis* apresentou maiores acúmulos de biomassa e teores de clorofila, mas também mostrou as alterações anatômicas mais severas, como desorganização da nervura central, maior espessura do parênquima paliçádico e deposição de cristais de oxalato de cálcio. As espécies silvestres *P. gibertii* e *P. cincinnata* exibiram menor impacto morfológico e anatômico, sendo observada a presença de tricomas e drusas na região floemática, sugerindo mecanismos adaptativos à salinidade. As mudas propagadas por estacas apresentaram melhor desempenho geral em condições salinas, com maior vigor vegetativo, maior eficiência no uso da água e menores danos anatômicos. As alterações estruturais em tecidos foliares e radiculares evidenciam estratégias morfoanatômicas de adaptação ao estresse salino. Tais informações reforçam a importância da escolha adequada da espécie e do método de propagação como estratégia de mitigação dos efeitos da salinidade, com destaque para a utilização de estacas de *P. gibertii* e *P. cincinnata* em programas de produção de mudas para regiões semiáridas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cloreto de sódio, maracujazeiro, propagação, salinidade da água de irrigação, tolerância a salinidade.

## EFFECTS OF SALT STRESS ON *PASSIFLORA* L. SPECIES PROPAGATED BY SEEDS AND CUTTINGS: MORPHOPHYSIOLOGICAL AND ANATOMICAL RESPONSES

**ABSTRACT:** Soil and water salinity is one of the main limiting factors for plant growth and development in semi-arid regions, significantly affecting salt-sensitive crops such as species of the genus *Passiflora* L.. This study aimed to evaluate the effects of salt stress on biometric, physiological, and anatomical parameters in three passion fruit species (*Passiflora edulis*, *P. gibertii*, and *P. cincinnata*), propagated by seeds and cuttings, in order to elucidate salt tolerance mechanisms and provide

technical support for cultivation under saline conditions. The experiment was conducted in a greenhouse under a completely randomized design in a  $3 \times 5 \times 2$  factorial scheme (species  $\times$  salinity levels of irrigation water  $\times$  propagation method), with four replications. Treatments consisted of five electrical conductivity levels of irrigation water ( $0.3, 1.8, 3.3, 4.8$ , and  $6.3 \text{ dS m}^{-1}$ ). The evaluated variables included biometric traits (plant height, dry mass, number of leaves, stem diameter, root volume and length), physiological traits (total chlorophyll content, stomatal conductance, total water consumption), and anatomical traits (leaf and root tissue thickness, vascular bundle organization, and presence of defense structures). Results showed that increasing salinity levels significantly reduced seedling growth, with greater sensitivity observed in seed-propagated plants. *P. edulis* exhibited higher biomass accumulation and chlorophyll content, but also showed the most severe anatomical changes, such as midrib disorganization, increased palisade parenchyma thickness, and calcium oxalate crystal deposition. The wild species *P. gibertii* and *P. cincinnata* showed less morphophysiological and anatomical damage, including the presence of trichomes and druses in the phloem region, indicating adaptive responses to salinity. Seedlings propagated by cuttings demonstrated better overall performance under salt stress, with greater vegetative vigor, more efficient water use, and fewer anatomical injuries. Structural changes in leaf and root tissues reflect morphoanatomical strategies for salt stress adaptation. These findings emphasize the importance of selecting appropriate species and propagation methods as mitigation strategies for salinity effects. In this context, the use of cuttings from *P. gibertii* and *P. cincinnata* is recommended in seedling production programs targeted at semi-arid environments.

**KEYWORDS:** Sodium chloride, passion fruit; propagation; irrigation water salinity; salinity tolerance.

## INTRODUÇÃO

O Brasil no ano de 2024 foi considerado o maior produtor mundial de maracujazeiro com produção aproximada de 700 mil toneladas (CONAB, 2024). A região Nordeste foi responsável por 64% da produção nacional, sendo o estado da Bahia o principal produtor da fruta no país com 36%.

As principais regiões produtoras no Nordeste estão localizadas na região semiárida onde as fontes de água utilizadas na irrigação possuem altas concentrações de sais, que podem afetar e comprometer a qualidade física e química do solo, consequentemente afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas (BRITO et al., 2014; GADELHA et al., 2017; WANÍ et al., 2019). No geral, a elevada condutividade elétrica dos solos e dos mananciais, em diversas áreas produtoras tem comprometido a formação de mudas e o estabelecimento da cultura (CAVALCANTE et al., 2009; BEZERRA et al., 2016; ANDRADE et al., 2018; GOMES et al., 2018; SÁ et al., 2018).

Desta forma, a análise da tolerância à salinidade em plantas é necessária para a compreensão do crescimento e da produtividade das plantas em condições salinas (MENG et al., 2017; HURTADO-SALAZAR et al., 2018). A elevada salinidade na zona radicular das plantas afeta negativamente o crescimento das plantas, reduzindo a sua capacidade de absorver água e nutrientes, levando ao estresse osmótico ou à deficiência hídrica e, consequentemente, a diminuição da produtividade (HANIN et al., 2016; MENG et al., 2016; MENG et al., 2017; ZHAO et al., 2017; WANI et al., 2019).

Em resposta aos estresses abióticos, as plantas desenvolvem estratégias para sobrevivência. No geral as plantas têm buscado desenvolver estratégias que possibilitem a sobrevivência em solos salinos, como mecanismos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares (SHRIVASTAVA e KUMAR, 2015; VOLKOV, 2015; HANIN et al., 2016; MENG et al., 2016; NEGRÃO et al., 2017; ZHAO et al., 2017; HURTADO-SALAZAR et al., 2018; ROUPHAEL et al., 2018). No entanto, é difícil definir claramente o efeito da salinidade nos solos, uma vez que os danos causados pelo sal às plantas são dependentes de espécies, variedades, estado de crescimento, meio ambiente, fornecimento e natureza dos sais (YADAV et al., 2011; ZAKERY-ASL et al., 2014; MUNNS e GILLIHAM, 2015; WANI et al., 2019).

Nos últimos anos alguns estudos têm sido realizados na compreensão das reações biométricas e fisiológicas envolvidas na tolerância a salinidade no maracujazeiro (OLIVEIRA et al., 2015; BEZERRA et al., 2016; MOURA et al., 2016; MOURA et al., 2017; MOURA et al., 2020; MOURA et al., 2021; MOURA et al., 2025a; ANDRADE et al., 2018; GOMES et al., 2018; SÁ et al., 2018). Todavia, muitas destas pesquisas têm avaliado somente as respostas morfofisiológicas de mudas provenientes de sementes e irrigadas com água salobra. Até o momento não há informações na literatura sobre o comportamento de plantas de maracujazeiro propagadas via assexuada (estacas) sob condições de estresse salino. Bem como de pesquisas relacionadas há alterações anatômicas foliares e raiz em resposta ao estresse salino, conforme já relatado em diversas espécies de plantas submetidas ao estresse salino, como em *Lawsonia inermis* L. (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2014), *Solanum lycopersicon* L. (SHARAF e NAIM, 2013), *Myrtus communis* L. (ACOSTA-MOTOS et al., 2015a) e *Salvadora persica* L. (PARIDA et al., 2016). Objetivou-se com este estudo avaliar as respostas biométricas, fisiológicas e anatômicas em três espécies de *Passiflora* L. (*P. edulis* Sims, *P. gibertii* N.E.Br. e *P. cincinnata* Mast.) propagadas por estacas e sementes sob condições de salinidade, buscando identificar e elucidar alguns mecanismos de tolerância a salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação com temperatura média ajustada para  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa mínima de  $60 \pm 5\%$  na Embrapa Mandioca e Fruticultura localizada no município de Cruz das Almas, BA (Latitude de  $12^{\circ}48'19''\text{S}$ , Longitude de  $39^{\circ}06'23''\text{W}$  e altitude de 225 m), no período de abril a junho de 2016. A classificação local climática de Cruz das Almas – BA, segundo Thornthwaite (1984) é C1dA'a' seco e subúmido (EMBRAPA, 2016), com médias anuais de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa de 1.224 mm,  $24,5^{\circ}\text{C}$  e 80%, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 5 \times 2$  (3 espécies de *Passiflora*: *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata* x 5 níveis de salinidade da água (CEa) de irrigação: 0,3 - testemunha; 1,8; 3,3; 4,8; e 6,3 dS m<sup>-1</sup> e 2 tipos de propagação: estacas e sementes), com quatro repetições e uma planta por parcela. As águas de diferentes salinidades foram preparadas mediante dissolução de NaCl na água de abastecimento local, usando a seguinte fórmula descrita por Richards (1954): , sendo CE desejada: a condutividade elétrica da água desejada; CE atual: a condutividade elétrica atual da água.

O substrato foi acondicionado em recipientes com capacidade de 2 dm<sup>3</sup>. Os recipientes foram preenchidos até três centímetros com cascalho na parte inferior e depois com a mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 10:1 a base de massa, respectivamente. O solo utilizado na composição do substrato foi proveniente de área experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS/ UFRB). O solo foi classificado como LATOSOLO AMARELO, textura franco argilosa (EMBRAPA, 2011), foi misturado com esterco bovino curtido e adubo químico apresentando as seguintes análises de fertilidade do substrato: pH = 7,0; P = 139,00 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>; Ca<sup>2+</sup>; Mg<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup> com 3,08; 1,65; 0,87 e 0,87 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente, matéria orgânica com 7,0 g kg<sup>-1</sup>.

Inicialmente, retirou-se estacas de plantas adultas (15 cm de comprimento com duas gemas apicais) das três espécies de *Passiflora*: *P. edulis* (BRS Gigante Amarelo), *P. gibertii* (BGP 008) e *P. cincinnata* (BGP 290), colocadas para enraizar em bandejas de polietileno contendo substrato comercial Vivato® composto de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, (TECHNES AGRÍCOLA, 2018), permanecendo por 65 dias até o transplantio. Para mudas via sementes realizou-se a semeadura das três espécies de *Passiflora* estudadas em bandejas de polietileno contendo substrato comercial Vivatto® e irrigadas com água do abastecimento do município (CEa = 0,30), permanecendo por 35 dias até o transplantio.

As mudas provenientes de estacas e de sementes foram transplantadas para os recipientes no mesmo dia. Durante a fase de obtenção das mudas até 10 dias

após o transplantio (DAT), essas foram irrigadas com água do abastecimento local. Após esse período as irrigações foram com águas contendo as concentrações salinas estudadas, em dias alternados (as plantas foram avaliadas aos 60 DAT com 50 dias sob estrsse salino). O volume de água aplicado em cada recipiente foi calculado conforme fórmula:  $VI = (VA - VD) / 0,9$  em que, VI é o volume da água a ser aplicado na irrigação (ml); VA é o volume de água aplicado na irrigação anterior e VD o volume de água drenado da irrigação anterior. A constante 0,9 corresponde ao fator que fixa em 10% a fração de lixiviação, visando evitar acumulação excessiva de sais no substrato. O controle da drenagem foi realizado a cada irrigação, sendo acoplado um vaso coletor na base de cada recipiente. Antes de iniciar cada irrigação a CEA era aferida com condutivímetro portátil, a qual foi realizada no período da manhã das 6:00 às 7:00 horas. Durante a execução do estudo foram realizadas duas fertirrigações, com 20 e 40 DAT com FORTH solúveis® (Nitrogênio 19%; Fósforo 19%; Cloreto de potássio 19%; Boro 0,02%; Magnésio 0,6%), sendo aplicado por evento 400 ml planta<sup>-1</sup> da solução contendo 4 g L<sup>-1</sup>.

Aos 50 dias após aplicação dos tratamentos salinos contendo solução de NaCl, as plantas foram avaliadas quanto ao crescimento e desenvolvimento por meio dos caracteres biométricos e fisiológicos e anatônicos. Os caracteres biométricos avaliados foram: altura de planta (AP) em cm, mensurada a partir do colo até a inserção do meristema apical; número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) em mm, estimado a partir de paquímetro digital a 5 cm do solo; comprimento de raiz (CR) em cm, através de régua milimétrica; volume radicular (VR) em cm<sup>3</sup>, obtido pelo deslocamento de água em proveta graduada; massa seca da raiz (MSR) em g, massa seca da parte aérea (MSPA) em g e, massa seca total (MST) em g, realizadas após secagem do material colhido em estufa com circulação de ar à temperatura de 60 °C, e a razão MSR/MSPA.

As variáveis fisiológicas estudadas foram: clorofila total (CT), mensurada com clorofilômetro digital, condutância estomática (gs) por meio de porômetro SC-1 (Decagon Devices, LP1318) e consumo hídrico total (CHT) em L planta<sup>-1</sup>, estimado pela diferença entre a água aplicada e drenada.

Para o estudo anatômico, segmentos foliares da região da nervura central da folha ( $n = 3$ ) e de raízes ( $n = 3$ ) pertencentes a *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata*, provenientes dos tratamentos extremos de salinidade (0,3 e 6,3 dS m<sup>-1</sup>), foram fixados em solução de FAA 70 (formalina, ácido acético e álcool etílico) por 48 horas e em seguida conservados em etanol 70%, conforme Johansen (1940). Após esse período, os segmentos foliares e de raiz foram desidratados em série etílica crescente (85-100%) por 9 horas, infiltrados lentamente em historesina: etanol na proporção 1:2 e 1:1 por 72 horas cada, e por último em historesina pura permanecendo por uma semana. As amostras foram emblocadas e a polimerização ocorreu em temperatura ambiente por 48 horas.

Cortes histológicos seriados (5 µm) foram obtidos em micrótomo rotativo Leica RM 2155 (Leica, Nussloch, Alemanha), dispostos em lâminas histológicas e corados com fucsina ácida (0,1% p/v), seguido de azul de toluidina (0,05% p/v) (FEDER e O'BRIEN, 1968). Os cortes histológicos foram analisados e fotografados em fotomicroscópio Olympus BX51 acoplando com câmera digital Olympus DP175 (Olympus, Tokyo, Japan).

As imagens obtidas das folhas foram utilizadas para as medições das espessuras dos tecidos, nas seções transversais da lâmina foliar (espessura da lâmina foliar – ELF, espessura da epiderme superior – EES, espessura da epiderme inferior – EEI, espessura do parênquima paliçádico - EPP e espessura do parênquima esponjoso - EPE) por meio do programa de imagens ImageJ 1.46r (RASBAND, 1997-2016). Para cada caractere, utilizaram-se dez cortes para folhas e raiz, totalizando assim uma amostra de 30 unidades para cada órgão da planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste F ( $p \leq 0,05$  ou  $p \leq 0,01$ ) com desdobramento das análises, sempre que a interação foi significativa. O fator quantitativo, relativo aos níveis de salinidade foi avaliado por meio de regressão polinomial (linear e quadrática). Já os fatores espécie e tipos de propagação foram analisados por meio da comparação de médias com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote “agricolae” implementado no programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados biométricos e fisiológicos avaliados, observou-se respostas diferenciadas entre as três espécies de *Passiflora* estudadas, em relação à AP, NF, DC, CT, gs, CHT, MSR, MSPA, MST, relação MSR/MSPA, CR e VR (Tabela 1 e 2).

FV	Quadrado médio					
	AP (cm)	NF	DC (mm)	CT (µmol g <sup>-1</sup> )	gs (mmol.m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CHT (L planta <sup>-1</sup> )
Espécie (E)	9441,07**	275,43**	39,19**	673,35**	12567,11**	1,46**
Propagação (P)	5168,04*	160,00**	7,58**	221,71**	1046 <sup>ns</sup>	1,29**
Salinidade (S)	3541,35*	57,56*	1,15 <sup>ns</sup>	115,30**	1222 <sup>ns</sup>	2,96**
E x P x S	161,09 <sup>ns</sup>	28,94 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	31,96 <sup>ns</sup>	281,43 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
E x S	655,25 <sup>ns</sup>	17,75 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	23,81 <sup>ns</sup>	177,47 <sup>ns</sup>	0,08*
E x P	2613,34 <sup>ns</sup>	22,43 <sup>ns</sup>	2,67**	364,60**	3089,78*	0,06 <sup>ns</sup>
S x P	2269,07 <sup>ns</sup>	50,97 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	13,58 <sup>ns</sup>	962,89 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>

CV	24,72	13,78	6,9	11,99	21,61	9,17
Média	77,02	15,26	3,06	18,46	49,92	1,95
<b>Espécie</b>						
<i>P. gibertii</i>	95,03 a	18,70 a	2,34 b	15,09 b	69,11 a	1,81 b
<i>P. cincinnata</i>	59,56 b	14,13 b	2,47 b	16,42 b	52,26 b	1,83 b
<i>P. edulis</i>	76,46 ab	12,96 b	4,38 a	23,88 a	28,38 c	2,20 a
<b>Propagação</b>						
Sementes	69,44 b	13,93 b	3,35 a	16,89 b	46,51 a	1,83 b
Estacas	84,6 a	16,60 a	2,77 b	20,03 a	53,33 a	2,07 a

ns: não significativo, \* significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folha (NF), diâmetro de caule (DC), clorofila total (CT), condutância estomática (gs) e consumo hídrico total (CHT) em mudas de *Passiflora* sob salinidade da água de irrigação, aos 60 dias após transplantio

Quanto aos métodos de propagação houve efeito significativo para a maioria das variáveis avaliadas, à exceção da gs, MSR, CR e VR. As irrigações com os diferentes níveis de salinidades influenciaram na AP, NF, CT, CHT, MSR, MSPA, MST e VR (Tabela 1 e 2). Considerando a interação entre os fatores estudados, observou-se interação tripla para as variáveis MSR e VR. Na interação espécie x níveis de salinidade, houve efeito significativo para o CHT e MSR, na interação espécie x propagação para DC, CT, gs, MSR, MSPA, MST, MSR/MSPA, CR e VR e, na interação salinidade x propagação apenas para VR (Tabela 1 e Tabela 2).

Quadrado médio						
FV	MSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	MSR/ MSPA	CR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )
Espécies (E)	34,04**	240,86**	456,00**	0,29**	1067,14**	1932,40**
Propagação (P)	0,31 <sup>ns</sup>	52,71**	44,88**	0,03*	54,44 <sup>ns</sup>	22,50 <sup>ns</sup>
Salinidade (S)	1,82**	11,81**	22,26**	0,01 <sup>ns</sup>	46,16 <sup>ns</sup>	97,15**
E x P x S	0,36*	1,71 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	81,08 <sup>ns</sup>	40,40*
E x S	0,86**	6,65 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	40,20 <sup>ns</sup>	30,60 <sup>ns</sup>
E x P	3,88**	8,23*	10,09*	0,17*	262,81*	11,53*

S x P	0,17 <sup>ns</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	6,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	68,55 <sup>ns</sup>	40,97*
CV	8,81	15,38	15,15	3,34	12,85	19,07
Média	0,98	4,05	5,03	0,20	28,55	8,10
Espécie						
<i>P.gibertii</i>	0,32 b	2,91 b	2,61 b	0,13 b	27,03 b	3,36 b
<i>P. cincinnata</i>	0,42 b	2,54 b	2,96 b	0,16 b	23,50 b	3,56 b
<i>P. edulis</i>	2,21 a	7,31 a	9,53 a	0,31 a	35,13 a	17,36 a
Propagação						
Sementes	1,04 a	3,28 b	4,33 b	0,22 a	29,33 a	8,60 a
Estacas	0,92 a	4,81 a	5,74 a	0,18 b	27,77 a	7,60 a

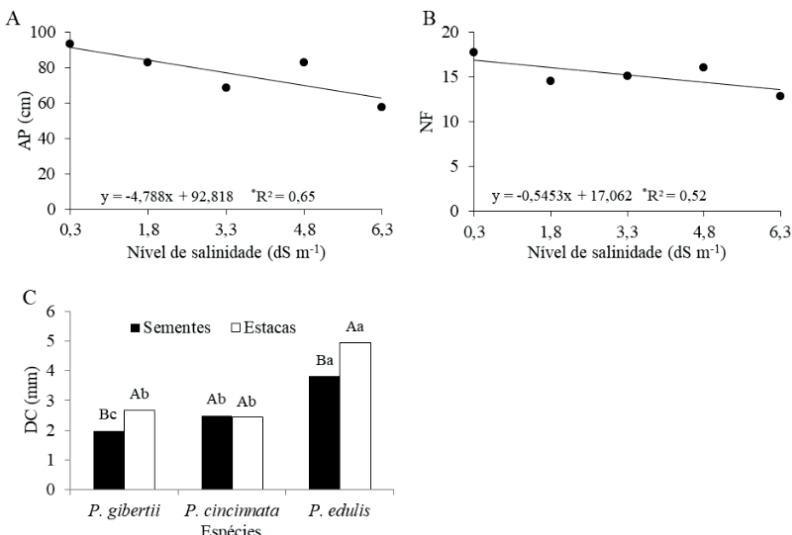
ns = não significativo, \* significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão massa seca da raiz por massa seca da parte aérea (MSR/MSPA), comprimento de raiz (CR) e volume de raiz (VR) em mudas de *Passiflora* submetidas ao estresse salino, aos 60 dias após transplantio

Dentre as espécies de *Passiflora*, *P. gibertii* apresentou maior AP (95,03 cm), NF (18,70 folhas/planta) e gs (69,11 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), enquanto a *P. edulis* maiores valores para DC (4,38 cm), CT (23,88) e CHT. Por outro lado, *P. cincinnata* proporcionou desenvolvimento mais lento quando comparado às outras duas espécies. No geral, as espécies de *Passiflora* possuem crescimento e desenvolvimento diferenciados em função das características genéticas intrínsecas de cada espécie (LIMA et al., 2017). Com isso os resultados obtidos no presente estudo, corroboram com o de Lima et al. (2006) e Moura et al. (2017) que também observaram maior desenvolvimento inicial nas mudas de *P. gibertii* em relação a *P. edulis* e *P. cincinnata*.

Considerando o método de propagação observou-se que as mudas propagadas por estacas apresentaram maior AP, NF, CT, CHT, MSPA e MST (Tabela 1 e Tabela 2). Por outro lado, as mudas propagadas por sementes apresentaram caule mais espesso. Importante salientar que, as mudas propagadas por estacas tendem a se desenvolver com maior rapidez que aquelas provenientes de sementes, pois as estacas são provenientes de parte vegetativa de plantas adultas e após algumas semanas do transplantio as mudas de estacas passam a apresentar inúmeras brotações adventícias na base, o que, provavelmente, condiciona as plantas a disponibilizarem e realocarem água e seus assimilados para essas regiões. Em vários estudos também têm sido observado que mudas propagadas por estacas têm melhor desempenho em relação às de sementes (PARTELLI et al., 2014).

As plantas de maracujazeiro irrigadas com água salina apresentaram reduções lineares na AP de 5,16% e no NF de 3,19% por aumento unitário da CEa (Figuras 1A e 1B). Segundo Karimi e Nasrolahpour-Moghadam (2016); Andrade *et al.* (2018), Gomes *et al.* (2018), Sá *et al.* (2018) e Wani *et al.* (2019) um dos efeitos mais proeminentes do estresse salino é a redução no crescimento das plantas. Ainda segundo os autores, a salinidade reduz a habilidade das plantas em absorverem água, reduzindo assim as taxas de crescimento rapidamente.



Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre espécie para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (métodos de propagação para mesma espécie) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

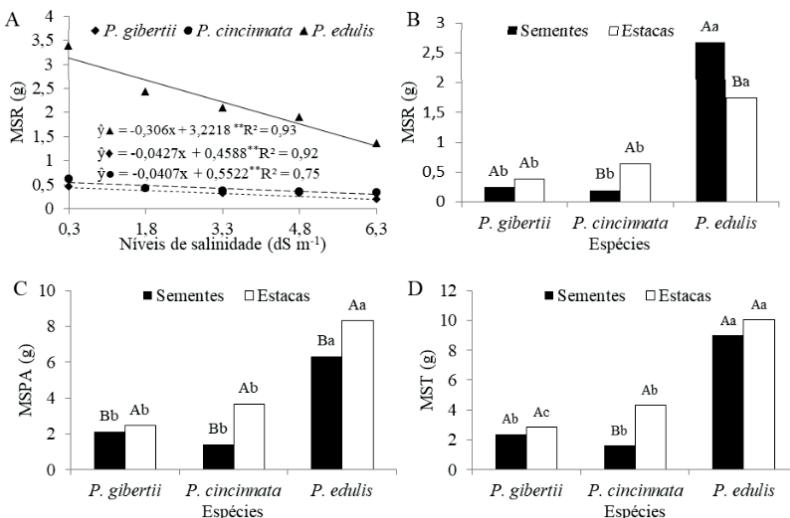
**Figura 1.** (A) Altura de planta (AP) e (B) número de folhas (NF) das três espécies de *Passiflora* sob diferentes níveis de salinidade (C) Interação das espécies de *Passiflora* x tipos de propagação para o diâmetro de caule (DC), aos 60 dias após transplante.

Alguns autores também constataram que o aumento da CEa afeta negativamente o crescimento inicial das mudas de *P. edulis* (BEZERRA *et al.*, 2016). Comportamento similar foi verificado em outras espécies de plantas como *Lawsonia inermis* L. que apresentaram severa redução no seu crescimento quando tratadas com nível mais alto ( $15 \text{ dS m}^{-1} \text{ NaCl}$ ) de salinidade (FERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.*, 2014). Gomes *et al.* (2018) e Sá *et al.* (2018) também observaram redução no crescimento das mudas de maracujazeiro pela salinidade da água de irrigação.

Quanto ao DC observou-se resposta diferenciada entre as espécies *P. edulis* e *P. gibertii* propagadas via sementes e estacas, sendo que o DC foi superior para as

plantas propagadas por estacas (Figura 1C). A espécie *P. edulis* foi a que se destacou com maior DC em ambos os métodos de propagação. Outros autores também observaram que a espécie *P. edulis* apresentou DC mais espessos em relação a *P. cincinnata* e *P. gibertii* (MOURA et al., 2016; MOURA et al., 2017), sendo característica fisiológica da espécie.

Para a MSR verificou-se resposta linear decrescente em função das aplicações crescente de NaCl nas três espécies de *Passiflora* estudadas (Figura 2A). As espécies *P. edulis*, *P. cincinnata* e *P. gibertii* apresentaram redução de 9,49; 7,37 e 9,30% por aumento unitário da salinidade da água, respectivamente.



Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre espécie para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (métodos de propagação para mesma espécie) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 2. (A) Massa seca da raiz (MSR) das três espécies de *Passiflora* sob diferentes níveis de salinidade e (B) sob influência do método de propagação testado. (C) Interação espécies de *Passiflora* x tipos de propagação para massa seca da parte aérea (MSPA) e (D) massa seca total (MST), aos 60 dias após transplantio.

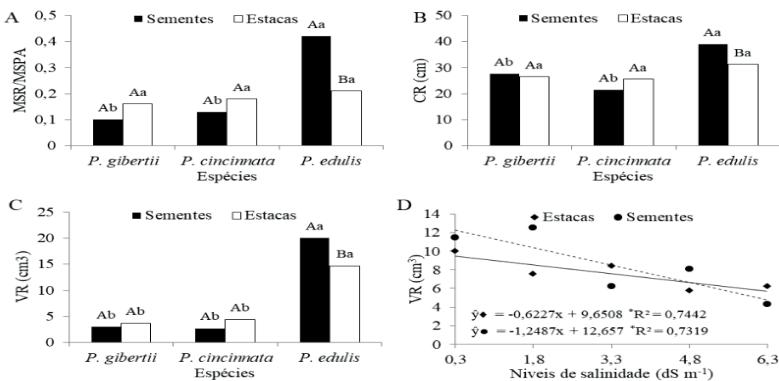
As menores reduções da MSR verificadas nas espécies silvestres *P. gibertii* e *P. cincinnata* podem ser, em grande parte, creditada à sua origem, já que são nativas do Cerrado brasileiro e do Bioma Caatinga e, portanto, estão mais adaptadas as condições de estresse abiótico como deficiência hídrica e salinidade. Reduções lineares de MSR com incremento dos níveis de NaCl da água de irrigação também foram observadas para *P. edulis* (BEZERRA et al., 2016; MOURA et al., 2017).

Em relação à interação métodos de propagação x espécies, *P. edulis* apresentou maior MSR nos dois métodos de propagação testados, com superioridade nas mudas provenientes de sementes, enquanto nas outras espécies as mudas propagadas por estacas se destacaram em relação às mudas de sementes (Figura 2B). Esse resultado pode estar relacionado à composição química do tecido presente nas estacas que varia ao longo do ramo, ocasionando diferenças de enraizamento em segmentos oriundos de distintas partes, pois o tipo de estaca adequado para o enraizamento depende de cada espécie e cultivar. Destaca-se ainda na mesma planta uma variação ao longo dos ramos, que tendem a diferir quanto ao enraizamento devido à composição química do tecido, que modifica ao longo dos ramos (FACHINELLO *et al.*, 2005; REZENDE *et al.*, 2017).

Comportamento semelhante ao obtido com a MSR foi também verificado para a MSPA e a MST. A *P. edulis* mais uma vez se destacou em ambos os métodos de propagação, porém nesse caso houve maior ganho de MSPA nas mudas propagadas por estacas em todas as espécies de *Passiflora* (Figura 2C, Figura 2D).

Para a relação MSR/MSPA (Figura 3A), as mudas de *P. edulis* propagadas por sementes apresentaram maior relação, corroborados pelos valores de CR e VR (Figura 3B; Figura 3C). Alamino e Oliveira (2012), ao avaliarem diferentes formas de propagação em *Physalis pubescens* L. observaram que as mudas por estaquia tiveram maior ganho de MSPA em relação às aquelas propagadas por sementes (Figura 2C). Por outro lado, mudas propagadas via semente apresentam melhor desenvolvimento radicular na espécie *P. edulis* pela relação MSR/MSPA (Figura 3A), explicado pelo ganho em produção de raiz (Figura 2C; Figura 3A). Alguns autores mencionam que na formação de mudas por estacas o grau de significação dos tecidos pode dificultar a emissão dos primórdios radiculares (FACHINELLO *et al.*, 2005; MORAES *et al.*, 2014) retardando seu desenvolvimento.

Houve maior impacto da salinidade no VR de mudas propagadas por sementes (Figura 3D), observando-se respostas lineares decrescentes, com 6,45% e 9,86% por aumento unitário da CEa para estacas e sementes, respectivamente. Plantas sob estresse salino sofrem inibição do crescimento em diferentes partes da planta (SHRIVASTAVA e KUMAR, 2015; SANDHU *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2017; NEGRÃO *et al.*, 2017). Isso pode ser atribuído ao déficit hídrico causado por grandes quantidades de sais solúveis na zona radicular, o qual promove uma redução da turgescência, resultando na diminuição da expansão celular, reduzindo a taxa de crescimento das plantas (BAI *et al.*, 2008; KHALID e SILVA, 2010), com impactos diretos no consumo de água (CHT) (Figura 4D).



Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre espécie para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (métodos de propagação para mesma espécie) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 3. (A) Razão entre massa seca da raiz por massa seca da parte aérea (MSR/MSPA), (B) Comprimento de raiz (CR) e (C) volume de raiz (VR) das Passifloras em diferentes formas de propagação e (D) níveis de salinidade, aos 60 dias após transplantio.

Esses resultados podem ser um indicativo de que as alterações na arquitetura de raízes, em função do tipo de propagação, podem afetar a extração de água, devendo ser levado em consideração, por exemplo, no manejo de irrigação da cultura. Possíveis respostas a outros fatores abióticos, como o estresse hídrico, também são esperadas e devem ser melhor investigados.

Quantidades excessivas de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$  absorvidas pela planta, podem elevar a concentração desses íons aos níveis tóxicos na planta, via transpiração, afetando o crescimento da mesma, além de causarem a senescência prematura e abscisão foliar (PARIDA e DAS, 2005; MUNNS, 2011; KARIMI e HASANPOUR, 2014). O desbalanço nutricional também é comum em plantas irrigadas com  $\text{NaCl}$ , seja pelo mecanismo de transporte de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  que tem sido extensivamente pesquisado (RODRIGUEZ-NAVARRO e RUBIO, 2006; SHABALA e CUIN, 2008), seja pela absorção de  $\text{Cl}^-$  que diminui a síntese de ânions orgânicos, absorção de nitrato e interrupção do metabolismo de nitrogênio, afetando com isso a síntese de proteína e ácido nucleico nas plantas (ALIASGHARZADEH et al., 2002), bem como a CT (KARIMI e NASROLAHPOUR-MOGHADAM, 2016) conforme observado em folhas de maracujazeiro (Figura 4A).

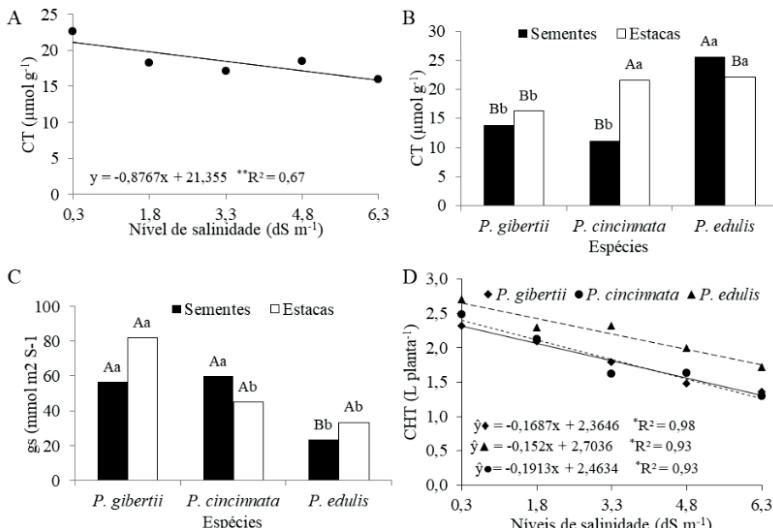


Figura 4. (A) Clorofila total (CT) das três espécies de *Passiflora* sob diferentes níveis de salinidade. (B) Intereração espécies de *Passiflora* x tipos de propagação em relação à CT. (C) Interação espécies de *Passiflora* x tipos de propagação em função da condutância estomática (gs) e (D) consumo hídrico total (CHT) das *Passifloras* submetidas a diferentes níveis de NaCl, aos 60 dias após transplante.

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre espécie para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (métodos de propagação para mesma espécie) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Quanto à resposta das espécies de *Passiflora* nos dois métodos de propagação estudados em relação à CT, verificou-se que *P. edulis* e *P. cincinnata* apresentaram os maiores teores a partir das mudas propagadas por sementes e estacas, respectivamente (Figura 4B). Provavelmente, esses resultados para *P. cincinnata* ocorreram em função das mudas propagadas por estacas apresentarem maiores acúmulos de assimilados, já que a mesma é proveniente de ramos de plantas adultas, podendo ser apontados como mudas que realizam maiores taxas fotossintéticas em comparação com as provenientes de sementes. No entanto, as mudas de *P. cincinnata* e *P. edulis* por estacas não diferiram estatisticamente. Já a espécie *P. edulis* evidenciou maior CT em mudas de sementes, podendo ser considerada mais eficiente na captação de luz. Pires *et al.* (2009), avaliaram a CT em mudas enxertadas de *P. edulis* em diferentes períodos após enxertia e também observaram maior índice de clorofila nas mudas recém enxertadas, ou seja, mais jovens.

O aumento da salinidade da água de irrigação não afetou a gs do maracujazeiro (Tabela 1). Em contrapartida, Freire *et al.* (2014) ao avaliarem a gs do maracujazeiro

amarelo após estresse salino observaram redução dessa variável. Outros estudos também têm demonstrado que a alta salinidade reduz a  $gs$  e a taxa de transpiração nas folhas, levando a uma diminuição da fotossíntese (WANG *et al.*, 2013; MENG *et al.*, 2016).

Na interação espécie x método de propagação, *P. gibertii* propagado por estaca apresentou maior  $gs$  (Figura 4C). Essa espécie também apresentou menor regulação estomática em estudo com deficiência hídrica (SOUZA *et al.*, 2018), embora no presente estudo não diferiu das mudas oriundas por sementes.

Quanto ao CHT em função das concentrações de NaCl, observou-se uma redução linear dessa variável com o acréscimo da CEa de irrigação nas três espécies de *Passiflora* (Figura 4D). Entretanto, a redução no CHT com o aumento da salinidade foi mais drástica em *P. cincinnata* (7,77%), seguida de *P. gibertii* (7,13%) e *P. edulis* (5,62%). De forma análoga, Moura *et al.* (2017), também observaram decréscimo no CHT por incremento da CEa até 4,7 dS m<sup>-1</sup> em diferentes espécies de *Passiflora*. Segundo Dias *et al.* (2016), a redução do CHT ocorre devido as altas concentrações de NaCl na água, os sais solúveis na solução do solo aumentam as forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, ocorrendo assim redução no CHT pela planta.

Esses resultados corroboram com os achados de Moura *et al.* (2019, 2020a, 2020b), os quais relataram que a resposta fisiológica das espécies de *Passiflora*, incluindo a condutância estomática ( $gs$ ) e o consumo hídrico total (CHT), é fortemente influenciada pelo método de propagação e pelo genótipo sob condições de salinidade. Moura *et al.* (2019) observaram que a propagação por estacas promove maior estabilidade fisiológica em *P. edulis*, com menor oscilação da  $gs$  em comparação às mudas oriundas de sementes. Já Moura *et al.* (2020a) demonstraram que o estresse salino pode induzir respostas diferenciadas na fisiologia e na anatomia das plantas enxertadas de *P. edulis*, com impactos relevantes no metabolismo da água e na eficiência do uso hídrico.

Complementando, Moura *et al.* (2020b) identificaram modificações anatômicas expressivas nas folhas e raízes de espécies de *Passiflora* sob salinidade elevada, incluindo desorganização do tecido vascular, aumento da espessura do parênquima paliçadico e presença de cristais de oxalato de cálcio, especialmente em plantas propagadas por sementes. Em estudo mais recente, Moura *et al.* (2022) reforçam que plantas propagadas por estacas apresentam melhor desempenho morfológico inicial sob estresse salino, associando essa tolerância a uma maior plasticidade anatômica e menor suscetibilidade à restrição osmótica.

Moura *et al.* (2025a) também destacaram que a salinidade compromete não apenas as trocas gasosas, mas também a qualidade dos frutos e a produtividade de *P. edulis* enxertado, enfatizando a relevância do porta-enxerto na atenuação

dos efeitos do sal. Além disso, na revisão conduzida por Moura et al. (2025b), os autores sintetizam estratégias fisiológicas, anatômicas e bioquímicas envolvidas na adaptação de diferentes espécies de maracujazeiro ao estresse salino, evidenciando a importância do uso de genótipos nativos mais tolerantes, como *P. cincinnata* e *P. gibertii*, aliados ao uso de propagação vegetativa.

Assim, os achados do presente estudo se alinham à literatura recente ao evidenciar que a combinação de espécies silvestres com propagação por estacas constitui uma estratégia promissora para reduzir os impactos negativos da salinidade sobre o crescimento, funcionamento estomático e integridade anatômica de *Passiflora* spp. em condições adversas.

Foram encontradas diferenças estruturais na região da nervura central das folhas das espécies de *Passiflora* submetidas aos tratamentos irrigados com água de baixa condutividade elétrica ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) e alta condutividade elétrica ( $6,3 \text{ dSm}^{-1}$ ) (Figura 5). Esse comportamento pode estar relacionado aos mecanismos de tolerância da planta à salinidade.

O estresse salino induziu algumas mudanças anatômicas nas seções transversais do limbo foliar da maioria das espécies de *Passiflora* estudadas e propagadas por sementes e estaquia, a exemplo das alterações na forma e disposição das células da nervura central, depressões em determinadas regiões do limbo, desorganização dos feixes vasculares, hipertrofia das células do parênquima esponjoso e aumento da quantidade de vasos xilemáticos (Figura 5 e 6), à exceção de *P. cincinnata* e *P. gibertii*, que sofreram redução da quantidade de células xilemáticas, com acréscimo de água salina na irrigação.

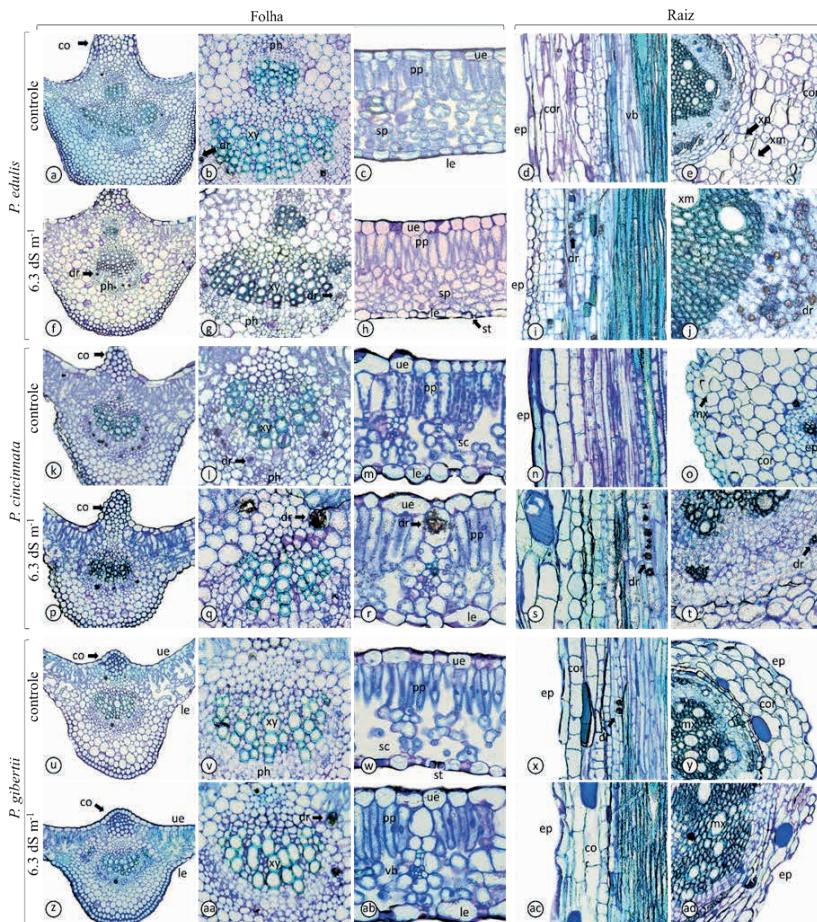


Figura 5. (A-J) Fotomicrografia de folha e raiz de *Passiflora edulis*, (K-T) *P. cincinnata* e (U-AD) *P. gibertii*, propagada por sementes, com ausência e presença do estresse salino. (A-E) folha e raiz de *P. edulis* controle; (F-J) folha e raiz de *P. edulis* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>; (K-O) folha e raiz de *P. cincinnata* controle; (P-T) folha e raiz de *P. cincinnata* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>; (U-Y) folhas e raiz de *P. gibertii* controle; (Z-AD) *P. gibertii* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>, aos 60 dias após transplantio. co: colénquima; xy: xilema; ph: floema; ue: epiderme superior; le: epiderme inferior; cor: côrtex; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima esponjoso; vb: feixe vascular; xm: metaxilema; dr: drusa; ep: epiderme; st: estómato.

Vale salientar que essas alterações anatômicas foram mais proeminentes na nervura central das folhas de *P. edulis* provenientes de sementes e submetidas a salinidade extrema, com ligeira desorganização celular na região da nervura central (Figura 5F e 5G), maior espessura do parênquima paliçádico, menor volume

intercelular no parênquima esponjoso (Figura 5H) e maior deposição de cristais de oxalato de cálcio tanto na folha (Figura 5F e 5G) como na raiz (Figura 5I e 5J).

De forma análoga ao presente estudo, Souza *et al.* (2018), também observaram menor calibre dos vasos xilemáticos na nervura central de *P. cincinnata*, como forma de minimizar a perda de água para o ambiente, já que o xilema é responsável pela condução de água nas plantas. Estudos realizados em outras espécies de plantas também têm demonstrado que a salinidade induziu redução no diâmetro dos vasos xilemáticos causando diminuição na condutividade de água e de minerais (ORTEGA *et al.*, 2006; REWALD *et al.*, 2012; ATABAYEVA *et al.*, 2013).

No presente estudo, outras características anatômicas observadas foram a presença de tricomas e de cristais de oxalato de cálcio na forma de drusas na região floemática das mudas propagadas por estacas (Figura 6 P-R) das plantas de *P. cincinnata* em resposta ao tratamento salino. Essa espécie é nativa dos biomas Cerrado e Caatinga (OLIVEIRA e RUGGIERO, 2005) e, portanto, adaptada às condições locais da região, conferindo assim maior aptidão agrícola para lidar com a toxicidade do sal e sobreviver em condições extremas. Alguns autores mencionam que as plantas cultivadas em ambientes semiáridos mantêm níveis de água por absorção foliar com auxílio dos tricomas (PANDEY *et al.*, 2017), além de exercer papel fundamental na defesa da planta contra muitos patógenos (ARMSTRONG-CHO e GOSEN, 2005; MOURA *et al.*, 2009; WAR *et al.*, 2012; HAUSER *et al.*, 2014).

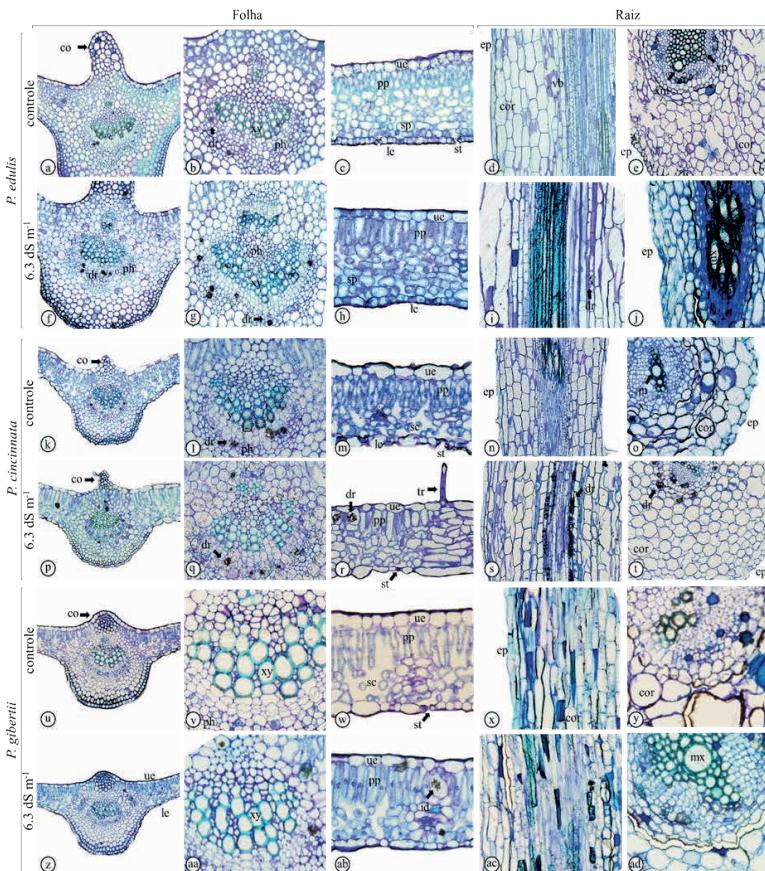


Figura 6. (A-J) Fotomicrografia de folha e raiz de *Passiflora edulis*, (K-T) *P. cincinnata* e (U-AD) *P. gibertii*, propagada por estacas, com ausência e presença do estresse salino. (A-E) folha e raiz de *P. edulis* controle; (F-J) folha e raiz de *P. edulis* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>; (K-O) folha e raiz de *P. cincinnata* controle; (P-T) folha e raiz de *P. cincinnata* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>; (U-Y) folhas e raiz de *P. gibertii* controle; (Z-AD) *P. gibertii* irrigada com água salina 6,3 dS m<sup>-1</sup>, aos 60 dias após transplantio. co: colénquima; xy: xilema; ph: floema; ue: epiderme superior; le: epiderme inferior; cor: córtex; pp: parênquima palicádico; sp: parênquima esponjoso; vb: feixe vascular; sc: câmara estomática; ep: epiderme; dr: drusa; xm: metaxilema; st: estômato; rp: primórdio radicular; xp: protoxilema; id: idioblasto e tr: tricoma.

De acordo com os resultados da análise morfométrica da região da nervura central da folha, observou-se diferentes respostas das espécies de *Passiflora* em relação aos caracteres anatômicos avaliados (espessura do limbo foliar - ELF, espessura da epiderme superior - EES, espessura da epiderme inferior - EEI, espessura do

parênquima paliçádico - EPP e espessura do parênquima esponjoso - EPE) (Tabela 3). A salinidade também influenciou a maioria dos caracteres avaliados, à exceção da EES e EPE (Tabela 3). Quanto aos métodos de propagação houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) apenas para a EPP.

FV	ELF (μm)	EES (μm)	EEI (μm)	EPP (μm)	EPE (μm)
Espécie (E)	14378,30**	253,10**	102,85**	2459,20**	15196,60**
Propagação (P)	0,01 <sup>ns</sup>	4,60 <sup>ns</sup>	9,14 <sup>ns</sup>	664,80**	325,78 <sup>ns</sup>
Salinidade (S)	19566,50**	31,97 <sup>ns</sup>	75,06**	15226,80**	89,67 <sup>ns</sup>
E x P x S	2274,50 <sup>ns</sup>	44,64 <sup>ns</sup>	21,66 <sup>ns</sup>	333,90*	475,80 <sup>ns</sup>
E x S	9112,20**	71,27 <sup>ns</sup>	58,09*	1117,50**	2107,40**
Ex P	4318,50 <sup>ns</sup>	128,07**	47,05*	1449,70 <sup>ns</sup>	1198,33**
S x P	1149,20 <sup>ns</sup>	136,98**	109,16**	2,50*	315,70 <sup>ns</sup>
CV	12,26	16,00	7,65	6,92	8,15
Média	194,27	23,76	17,22	63,98	87,30
<hr/>					
Espécie					
<i>P. gibertii</i>	166,54 c	19,67 b	15,08 b	57,03 b	71,59 b
<i>P. cincinnata</i>	196,22 b	25,46 a	16,60 a	76,77 a	71,18 b
<i>P. edulis</i>	220,06 a	26,14 a	19,71 b	58,15 b	119,13 a
<hr/>					
Propagação					
Sementes	194,27 a	23,48 a	17,61 a	63,31 a	84,97 a
Estacas	194,28 a	24,03 a	16,82 a	60,66 b	89,63 a
<hr/>					
Salinidade					
0,3 dS m <sup>-1</sup>	176,22 b	23,03 a	16,10 b	48,05 b	88,25 a
6,3 dS m <sup>-1</sup>	212,33 a	24,49 a	18,33 a	79,91 a	86,08 a

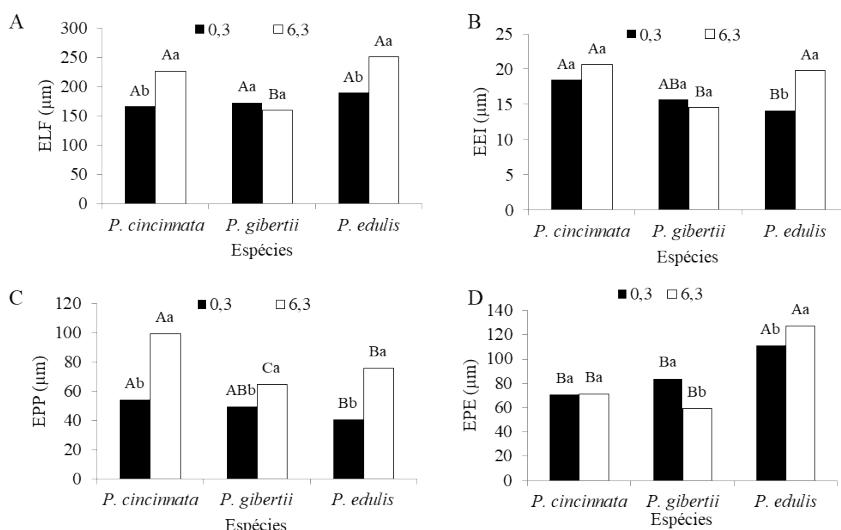
ns = não significativo, \* significativo ( $p \leq 0,05$ ) e \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para caracteres anatômicos quantitativos da região internervural da folha de três espécies de *Passiflora* propagadas por estacas e sementes: espessura do limbo foliar (ELF), espessura da epiderme superior (EES), espessura da epiderme inferior (EEI), parênquima paliçádico (EPP) e parênquima esponjoso (EPE) submetidas a dois níveis de CEa (0,3 dS m<sup>-1</sup> - controle e 6,3 dS m<sup>-1</sup>), aos 60 dias após transplantio

Considerando a interação entre os fatores estudados, observou-se significância ( $p \leq 0,05$ ) na interação espécie x salinidade para todos os caracteres, exceto para EES. No desdobramento espécie x propagação verificou-se apenas efeito para

EES, EEI e EPE. Já em relação a salinidade x propagação houve significância para as características anatômicas EES, EEI e EPP. Na interação tripla só houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para a EPP (Tabela 3).

A concentração mais alta de salinidade ( $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) causou alterações significativas na ELF de *P. cincinnata* e *P. edulis*, com valores respectivos de 36,41% e 32,22% (Figura 7A). Em contrapartida, *P. gibertii* não apresentou alteração para essa variável em função da exposição à água salina. Em relação à EEI, houve alteração significativa dessa variável com acréscimo de NaCl apenas em *P. edulis*, com incremento de 40,12% em relação ao tratamento controle (Figura 7B).



Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre nível de salinidade para mesma espécie) e maiúsculas (espécie para mesmo nível de salinidade) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 7. Intereração espécies x salinidade de caracteres anatômicos quantitativos da região internervural da folha de *Passiflora cincinnata*, *gibertii* e *edulis* submetidas a dois níveis de CEa ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  controle e  $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ), aos 60 dias após transplantio.

(A) ELF: espessura do limbo foliar; (B) EEI: espessura da epiderme inferior; (C) EPP: espessura do parênquima paliçadíco; (D) EPE: espessura do parênquima esponjoso.

Aumento na EEI com estresse salino pode ser uma adaptação do maracujazeiro amarelo (*P. edulis*), para minimizar a taxa de transpiração e, consequentemente, manter o teor de água no tecido. Parida *et al.* (2016), também observaram aumento na EEI inferior das folhas de *Salvadora persica* L. e relataram que essa alteração pode ser um mecanismo de defesa da planta contra a perda excessiva de água. Aumento

da espessura da epiderme induzido pela salinidade não somente melhora o uso eficiente de água (UEA) pelas plantas, mas também providencia espaço adicional para sequestro eficiente de  $\text{Na}^+$  na epiderme foliar (SHABALA *et al.*, 2012). Além disso, o aumento na espessura foliar é considerado um mecanismo para aumentar a retenção de água pelos tecidos mesófilos, a fim de neutralizar a toxicidade salina (PRADO *et al.*, 2017).

O parênquima paliçádico contém numerosos cloroplastos e é considerado o principal tecido responsável pela fotossíntese (PARIDA *et al.*, 2016) e o maior desenvolvimento desse tecido pode permitir maior fixação do  $\text{CO}_2$  com abertura dos estômatos em curto espaço de tempo (CASTRO *et al.*, 2009). No presente estudo, observou-se que a salinidade induziu aumento na EPP nas três espécies de *Passiflora* estudadas (Figura 7C). Entretanto, *P. cincinnata* foi a que apresentou maior EPP (99,19  $\mu\text{m}$ ) quando submetida à salinidade extrema (Figura 7C). Comportamento similar foi verificado na seção longitudinal e transversal da raiz de *P. cincinnata* com a presença de drusas na região do córtex no tratamento salino. Xu *et al.* (2014), também observaram um aumento gradual na EPP com o aumento da salinidade em plantas de *Myoporum bontioides* A. Gray. Essas alterações na EPP podem influenciar na quantidade ou qualidade das substâncias produzidas, interferindo diretamente na produtividade das culturas (CASTRO *et al.*, 2009).

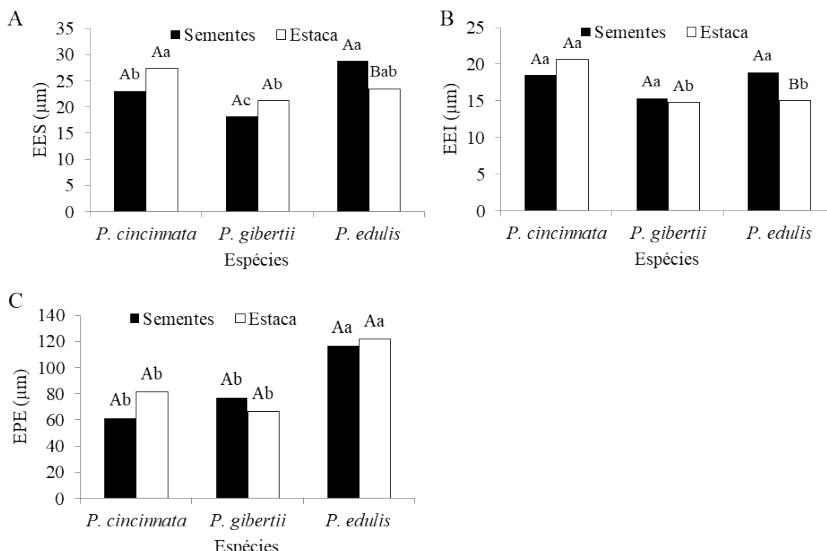
Quanto à EPE, *P. edulis* foi a que apresentou maior valor (127,23  $\mu\text{m}$ ) quando tratada com água salina no maior nível de CEa: 6,3 dS  $\text{m}^{-1}$ , enquanto o tratamento controle o EPE foi de 111,03  $\mu\text{m}$  (Figura 7D). Parida *et al.* (2016) também observaram aumento na EPE com o aumento da salinidade. É interessante salientar que as principais funções do parênquima esponjoso são o acúmulo de  $\text{CO}_2$  para a realização da fotossíntese e reflectância da radiação no interior da folha (CASTRO *et al.*, 2009).

De forma geral, o estresse salino promoveu maiores alterações anatômicas em *P. edulis* propagadas por sementes, com aumento na ELF, EEI, EPP e EPE, enquanto a *P. gibertii* propagadas por estacas apresentou menor alteração morfoanatômica com a aplicação de água salina, à exceção da EPP e EPE que tiveram aumento, com isso as células do feixe xilemático estão mais próximas umas das outras com maior organização e também com maior justaposição nas células do parênquima esponjoso em relação ao controle (Figura 6 Z - AB).

Além disso, foi observada na lâmina foliar de *P. gibertii* a presença de metabólitos secundários (oxalato de cálcio na forma de drusas) no tecido floemático (Figura 6 AA), enquanto na seção longitudinal e transversal da raiz não foi observada alterações anatômicas com o aumento da salinidade (Figura 6 AC e AD). Souza *et al.* (2018), também observaram aumento da EPP e da EPE em folhas de *P. gibertii*

e *P. edulis* na condição de déficit hídrico, como possíveis estratégias para diminuir a perda de água.

Na interação espécie x método de propagação verificou-se que a EES das folhas de *P. edulis* propagadas por sementes aumentaram 18,3% quando comparado a EES provenientes de estacas. As demais espécies de *Passiflora* não diferiram entre os métodos de propagação (Figura 8A).



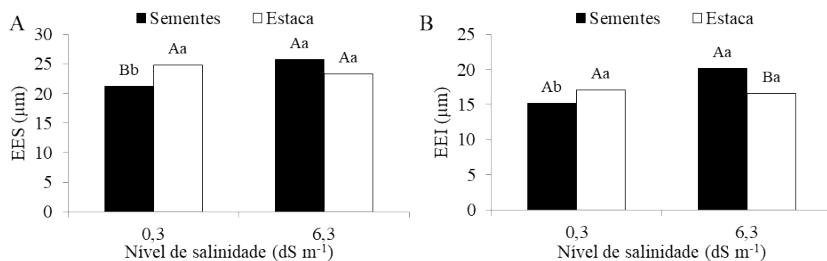
**Figura 8.** Intereração espécies x propagação de caracteres anatômicos quantitativos da região internervural da folha de *P. cincinnata*, *P. gibertii* e *P. edulis* propagadas por dois métodos de propagação (Sementes e Estacas), aos 60 dias após transplante (A) EES: espessura da epiderme superior; (B) EEI: espessura da epiderme inferior; (C) EPE: espessura do parênquima esponjoso.

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre espécie para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (métodos de propagação para mesma espécie) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Comportamento similar ao obtido para EES também foi observado na EEI, com maior espessura desse tecido nas folhas de *P. edulis* por sementes (Figura 8B). Para a EPE não foi observada alteração morfoanatômica significativa do tecido nas folhas de *P. cincinnata* e *P. gibertii*, propagadas por sementes e estacas. Entretanto, em relação às espécies houve maior EPE em folhas de *P. edulis* propagadas por estacas, embora não diferiu do tratamento via semente (Figura 8C).

Para a interação salinidade x método de propagação, foi observado comportamento distinto na EES com aplicação de água salina, já que as plantas

propagadas por sementes quando submetidas à salinidade alta ( $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram folhas com EES de 21,09% maior em relação ao seu tratamento controle ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Figura 9A). Contraditoriamente, no tratamento controle ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) observou-se um ligeiro aumento na EES a partir das mudas propagadas por estacas quando comparada àquelas submetidas a CEa alta ( $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ), embora não houve diferenças estatísticas entre elas.



Médias seguidas por letras iguais, minúsculas (entre nível de salinidade para mesmo tipo de propagação) e maiúsculas (propagação no mesmo nível de salinidade) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 9. Intereração salinidade x propagação de caracteres anatômicos quantitativos da região internervural das folhas de *Passiflora* submetidas a dois níveis de CEa ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ - controle e  $6,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) e dois métodos de propagação (Sementes e Estacas), aos 60 dias após transplante (A) EES: espessura da epiderme superior; (B) EEI: espessura da epiderme inferior.

Em relação à EEI, verificou-se que não houve alterações significativas nesse tecido foliar com o aumento da salinidade, nas plantas propagadas por estacas ( $16,59 \mu\text{m}$ ), enquanto as propagadas por sementes ( $20,07 \mu\text{m}$ ) teve um aumento de 32,56% em relação ao tratamento controle (Figura 8B). Para os métodos de propagação, verificou-se redução significativa na EEI nas folhas provenientes de estacas com o acréscimo de água salina na irrigação, comportamento inverso ao observado nas plantas propagadas por sementes, em que houve aumento na EEI com o aumento da salinidade (Figura 9B).

Com base nessa informação e nos demais resultados obtidos, pode-se afirmar que as mudas propagadas por sementes são mais sensíveis à salinidade, uma vez que o sal promove alterações anatômicas aumentando as EES e EEI. Melo et al. (2017), ao avaliarem estacas de *Cestrum axillare* Vell sob estresse hídrico, observaram aumento na EPP, EPE e ELF das plantas em condição de deficiência hídrica. Estudos recentes realizados por Souza et al. (2018), também observaram alterações anatômicas foliares em plantas propagadas por sementes de maracujazeiro quando submetidas ao déficit hídrico. As alterações anatômicas em plantas sob estresses abióticos, são mecanismos adaptativos das mesmas a essas condições (XU et al., 2014; PARIDA et al., 2016), o que também foi constatado no presente estudo.

## RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Com base nos resultados obtidos, torna-se evidente a necessidade de adoção de estratégias de manejo específicas para a produção de mudas e o cultivo inicial de *Passiflora L.* em ambientes com potencial de salinização. As recomendações técnicas a seguir têm como objetivo orientar pesquisadores, técnicos, viveiristas e produtores rurais quanto às melhores práticas para mitigar os efeitos adversos da salinidade na fase de produção de mudas e no estabelecimento inicial da cultura:

### Escolha da Espécie

- A espécie *P. gibertii* demonstrou elevada tolerância à salinidade, com menor redução de variáveis morfofisiológicas e alterações anatômicas mínimas, sendo recomendada para ambientes com maior risco de salinização, especialmente nas regiões do semiárido brasileiro.
- A espécie *P. edulis*, embora apresente maior acúmulo de biomassa aérea e maiores teores de clorofila total, é mais sensível ao estresse salino, com alterações anatômicas mais acentuadas e maior acúmulo de sais em tecidos foliares e radiculares. Sua utilização em áreas salinas deve ser criteriosa, priorizando métodos de mitigação da salinidade.
- *P. cincinnata*, espécie nativa do bioma Caatinga, apresentou desempenho intermediário, com tolerância moderada e presença de estruturas anatômicas protetoras (tricomas e drusas), sendo uma alternativa viável, principalmente para cultivos rústicos ou consorciados.

### Método de Propagação

- As plantas propagadas por estacas apresentaram maior vigor inicial, maior altura, maior número de folhas, e maior massa seca da parte aérea e total, quando comparadas às provenientes de sementes. Além disso, foram menos sensíveis às alterações anatômicas induzidas pela salinidade.
- A propagação via estaquia é altamente recomendada para ambientes salinos, pois proporciona mudas com maior capacidade adaptativa ao estresse abiótico, além de acelerar o desenvolvimento inicial da planta no campo.
- A propagação por sementes, embora mais econômica, deve ser evitada em ambientes com salinidade elevada devido à maior suscetibilidade das mudas a danos fisiológicos e estruturais, o que compromete o estabelecimento e a produtividade futura.

## Manejo da Irrigação e Salinidade

- A irrigação com águas de condutividade elétrica superior a  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  deve ser evitada, sobretudo em mudas de *P. edulis* propagadas por sementes, uma vez que os impactos negativos sobre crescimento, fotossíntese e morfologia foliar tornam-se significativos.
- Em viveiros localizados em regiões com fontes de água salinas, recomenda-se a implementação de sistemas de filtragem ou diluição da água de irrigação, assim como o uso de estratégias como irrigação alternada, aplicação de gesso agrícola, ou fertirrigação com compostos orgânicos ricos em cálcio e magnésio.
- O monitoramento frequente da condutividade elétrica da água e do substrato deve ser adotado como prática padrão no manejo de mudas, visando prevenir o acúmulo excessivo de sais no sistema radicular.

## Avaliações Morfoanatômicas como Ferramenta Diagnóstica

- A inclusão de análises anatômicas foliares e radiculares nas avaliações de qualidade de mudas deve ser considerada como uma ferramenta técnica relevante para identificar precocemente sinais de estresse salino.
- A presença de estruturas como drusas (oxalato de cálcio), aumento da espessura do parênquima paliçádico, redução do volume intercelular do parênquima esponjoso e alterações nos feixes vasculares podem ser indicadores de resposta adaptativa ou de dano, dependendo da espécie e método de propagação.
- O uso dessas ferramentas auxilia na seleção de genótipos mais tolerantes e no ajuste fino do manejo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse salino constitui um dos principais desafios à produção agrícola em regiões áridas e semiáridas, afetando diretamente o crescimento, a fisiologia e a anatomia das plantas. O presente estudo demonstrou, de forma integrada, os impactos da salinidade da água de irrigação sobre três espécies de *Passiflora L.* (*P. edulis*, *P. gibertii* e *P. cincinnata*) propagadas por estacas e sementes, fornecendo subsídios técnicos e científicos relevantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável da cultura.

O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação provocou reduções significativas em parâmetros biométricos (altura de planta, número de folhas, massa

seca de raízes, parte aérea e total), fisiológicos (condutância estomática, clorofila total e consumo hídrico), e alterações estruturais na anatomia foliar e radicular das plantas. Esses efeitos foram modulados tanto pela espécie quanto pelo método de propagação utilizado.

A *P. edulis*, embora tenha apresentado maior produção de biomassa aérea e clorofila, foi a mais sensível às alterações induzidas pelo sal, sobretudo quando propagada por sementes, manifestando desorganização da nervura central, aumento da espessura de tecidos foliares e acúmulo de cristais de oxalato de cálcio. Por outro lado, as espécies silvestres *P. gibrertii* e *P. cincinnata* apresentaram desempenho superior em condições salinas, com menores alterações morfofisiológicas e anatômicas, e presença de estruturas especializadas de adaptação, como tricomas e drusas na região floemática.

O método de propagação também influenciou de forma determinante a tolerância ao estresse salino. Mudas propagadas por estacas, por apresentarem maior vigor inicial e estruturas mais significadas, foram mais resilientes à salinidade, especialmente nas espécies silvestres. Isso reforça a importância de considerar a via de propagação no planejamento da produção de mudas em regiões com risco de salinização.

Diante do exposto, conclui-se que a escolha criteriosa da espécie de *Passiflora*, aliada ao uso da propagação vegetativa e a um manejo adequado da salinidade da água de irrigação, pode mitigar significativamente os efeitos deletérios do sal sobre a cultura. Adicionalmente, as análises anatômicas se mostraram ferramentas valiosas para a compreensão dos mecanismos de tolerância ao estresse salino e devem ser incorporadas aos protocolos de avaliação de mudas em ambientes adversos.

Portanto, os resultados aqui apresentados contribuem não apenas para o avanço do conhecimento científico sobre a fisiologia do estresse em *Passiflora*, mas também fornecem bases técnicas sólidas para subsidiar práticas mais eficientes e sustentáveis no manejo da cultura em áreas com restrição hídrica e salina, colaborando para o fortalecimento da fruticultura no semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-MOTOS, J. R.; DÍAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanism in the ornamental *Myrtus communis* L. plants. *Journal Plant Physiology*, v.183, n.1, p. 41–51, 2015.

ALAMINO, D. A.; OLIVEIRA, M. C. Mudas de *Physalis pubescens* L. propagadas por diferentes métodos e substratos. *Scientia Agraria*, v.13, n.1, p.09-15, 2012.

ALIASGHARZADEH, N.; SALEH RASTIN, N.; TOWFIGHI, H.; ALIZADEH, A.; Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. **Mycorrhiza**. v.11, n.3, p.119–122, 2002.

ANDRADE, J. R.; MEDEIROS, A. S.; MAIA JÚNIOR, S. O.; REZENDE, L. P.; ARAÚJO NETO, J. C. Germination and morphophysiology of passion fruit seedlings under salt water irrigation, **Peqnsuísia Agropecuária Tropical**, v. 48, n.3, p. 229-236, 2018.

ARMSTRONG-CHO, C.; GOSSEN, B. D.; Impact of glandular hair exudates on infection of chickpea by *Ascochyta rabiei*. **Canadian Journal of Botany**, v.83, n.1, p.22–27, 2005.

ATABAYEVA, S.; NURMAHANOVA, A.; MINOCHA, S.; AHMETOVA, A.; KENZHEBAYEVA, S.; AIDOSOV S. The effect of salinity on growth and anatomical attributes of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.). **African Journal of Biotechnology**, v.12, n.18, p. 2366–2377, 2013.

BAI, W.; LI, P.; LI, B.; FUJIYAMA, H.; FAN, F. Some physiological responses of chinese iris to salt stress. **Pedosphere**, v.18, n.4, p.454-463, 2008.

BEZERRA, J. D.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. M.; RAPOSO, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. **Revista Ceres**, v.63, n.4, p.502-508, 2016.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v.27, n1, p.17-27, 2014.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p

CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.414-420, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO Produção de maracujáamarelo (*Passiflora edulis Sims*) no Brasil – safra 2023/2024: 711 mil toneladas, valor bruto da produção de R\$ 2,39 bilhões, com produtividade média de 15.543 kg/ha. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 9 jun. 2025.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F., GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal. 2016, p.151-161.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 2a ed. Rio de Janeiro, 2011, 212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Boletim meteorológico da estação convencional de Cruz das Almas, Ba: variabilidade e tendências climáticas/SILVA, T. S. M.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. – [recurso eletrônico] - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. Propagação de plantas frutíferas. Pelotas: Embrapa, 2005...p.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, v.55, n.1, p.123-142, 1968.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; OLMO, E.; BARDISI, E.; GARCÍA-DE LA GARMA, 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.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J.; Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.1, p.82-91, 2014.

GADELHA, C. G.; MIRANDA, R. S.; ALENCAR, N. L. M.; COSTA, J. H.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Effects of organic vs. conventional farming systems on quality and antioxidant metabolism of passion fruit during maturation. **Journal of Plant Physiology**, v.212, n.1, p.69–79, 2017.

GOMES, C. D. L.; SÁ, J. M.; LEITÃO, E. T. C.; RODRIGUES, M. H. B. S.; SOUSA, V. F. O.; MELO, R. A. P.; NOBRE, R. G.; PAIVA, F. J. S.; SANTOS, A. S.; FARIA, J. A.; BRILHANTE, C. L. Production of seedlings of yellow passion fruit plant in different substrates and saline levels, **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.9, p. 244-251, 2018.

HANIN, M.; EBEL, C.; NGOM, M.; LAPLAZE, L.; MASMOUDI, K. New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. **Frontiers in Plant Science**, v.29, n.1, p.1-17, 2016.

HAUSER, M.T. Molecular basis of natural variation and environmental control of trichome patterning. **Frontiers in Plant Science**, 5 n.1, p.1-7, 2014.

HURTADO-SALAZAR, A.; SILVA, D. P.; OCAMPO, J.; CEBALLOS-AGUIRRE, N.; BRUCKNER, C. H. Salinity tolerance of *Passiflora tarminiana* Coppens & Barney. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v.12, n.1, p. 11-19, 2018.

IBGE, 2017. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>> (Acesso em 18 Nov 2018).

KHALID, A.; SILVA, J. A. T. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis*L. flower heads cultivated under salt stress conditions. **Scientia Horticulturae**, v.126, n.2, p.297-305, 2010.

KARIMI, H. R.; HASANPOUR, Z. Effects of salinity and water stress on growth and macronutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). **Journal Plant Nutrition**, v.37, n.12, p.1-15, 2014.

KARIMI, H. R.; NASROLAHPOUR-MOGHADAM, S. Male pistachio seedlings exhibit more efficient protective mechanisms than females under salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v.211, n.1, p.118-125, 2016.

LI, M.; GUO, R.; JIAO, Y.; JIN, X.; ZHANG, H.; SHI, L. Comparison of salt tolerance in soja based on metabolomics of seedling roots. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-16. 2017.

LIMA, A. A.; CALDAS, R. C.; SANTOS, V. S. Germinação e crescimento de espécies de maracujá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.125-127, 2006.

LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; SOUZA, E. H.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and graft region anatomy of yellow passion fruit on *Passiflora* spp. rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.215, n.1, p.134-141, 2017.

MELO L. A.; MELO, H. C.; DAVIDE, A. C.; CASTRO, E. M.; SANTOS, J. P. Estaquia e efeito da deficiência hídrica ou inundação sobre características morfoanatômicas de *Cestrum axillare* Vell. **Ciência Florestal**, v.27, n.1, p.325-337, 2017.

MENG, F.; LUO, Q.; WANG, Q.; ZHANG, X.; QI, Z.; XU, F.; LEI, X.; CAO, Y.; SOON CHOW, W.; SUN, G. Physiological and proteomic responses to salt stress in chloroplasts of diploid and tetraploid black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). **Scientific Reports**, v.6, n.1, p.1-15, 2016.

MENG, R.; SAADE, S.; KURTEK, S.; BERGER, B.; BRIEN, C.; PILLEN, K.; TESTER, M.; SUN, Y. Growth curve registration for evaluating salinity tolerance in barley. **Plant Methods**, v.13, n.18, p.1-9, 2017.

MORAES, D. G.; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. A.; SILVA, T. R. C.; FREITAS, T. A. S. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, v.26, n.1, p.47- 54, 2014.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; COELHO FILHO, M. A.; JESUS, O. N.; SILVA SÁ, F. V.; LIMA, L. K. S. Tolerance of passion fruit species under salt stress. **International Journal Current Research**, v.8, n.9, p.37689-37695, 2016.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; COELHO FILHO, M. A.; JESUS, O. N.; LIMA, L. K. S.; CRUZ, C. S. Formation of seedlings of species from the genus *Passiflora* under saline stress, **Bioscience Journal**, v.33, n.5, p.1197-1207, 2017.

MOURA, R. S.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GHEYI, H. R.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A. Salinity-induced changes in biometric, physiological and anatomical parameters of *Passiflora edulis* Sims plants propagated by different methods. *Journal of Plant Nutrition*, v.46, n.1, p.103-119, 2019. DOI: 10.1080/01904167.2022.2098156.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. M.; DIAS, E. A.; CRUZ, C. S.; COELHO FILHO, M. A. Salt stress on physiology, biometry and fruit quality of grafted *Passiflora edulis*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.27, n.2, p.96-103, 2020a. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p96-103.

MOURA, R. S.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GHEYI, H. R.; DIAS, E. A.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A. Effects of salinity on growth, physiological and anatomical traits of *Passiflora* species propagated from seeds and cuttings. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.45, n.4, p.1-15, 2020b. DOI: 10.1007/s11738-023-03545-7.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; CRUZ, A. M.; NASCIMENTO, B. S.; MENEZES, E. P.; COELHO FILHO, M. A. Propagação de mudas de *Passiflora edulis* sob estresse salino: avaliação morfológica e tolerância inicial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.44, n.1, 2022.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; COELHO FILHO, M. A.; SANTOS, D. P.; CARVALHO, R. M.; SOUSA, E. R.; ANJOS, J. C. R.; SILVA, L. M. A.; ANJOS NETO, J. G.; SILVA, R. C. Z.; SOARES, J. M. Efeitos do estresse salino na qualidade dos frutos, biometria e fisiologia de *P. edulis* enxertado em espécies de *Passiflora* spp. *AgroTec Científica*, [S.I], v. 1, n. 1, p. 1-18, 2025a. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.835152512062>.

MOURA, R. S.; SOUSA, E. R.; ANJOS, J. C. R.; SILVA, L. M. A.; SOARES, J. M. Revisão sobre a tolerância à salinidade em espécies de maracujá: produção de mudas e estratégias de adaptação, in: MOURA, R. S.; Tecnologias e estratégias para produção de mudas de maracujazeiro. Novas Edições Academicas. 2025b. p 35-66.

*AgroTec Científica*, [S.I], v. 1, n. 1, p. 1-18, 2025a. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.835152512062>.

MUNNS R. Plant adaptations to salt and water stress:differences and commonalities. *Advances in Botanical Research*, v.57, n.1, p.1-32, 2011.

MUNNS R.: GILLIHAM M. Salinity tolerance of crops - what is the cost? *New Phytologist* v.208, n.3, p.668-673. 2015.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany*, v.119, n.1, p.1–11, 2017.

NONOMURA, T.; XU, L.; WADA, M.; KAWAMURA, S.; MIYAJIMA, T.; NISHITOMI, A.; KAKUTANI, K.; TAKIKAWA, Y.; MATSUDA, Y.; TOYODA, H.; Trichome exudates of *Lycopersicon pennellii* form a chemical barrier to suppress leaf-surface germination of *Oidium neolycorensis* conidia. *Plant Science*, 176, n.1, p.31–37, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; LOPES, M. A. C.; SÁ, F. V. S.; NOBRE, R. G.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; PAIVA, E. P. Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.4, p.471-478, 2015.

OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. Espécies de maracujá com potencial agronômico. In: FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V., BRAGA, M. F. (eds.), **Maracujá germoplasma e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados, Planaltina. p.141-155, 2005.

ORTEGA L.; FRY S. C.; TALEISNIK E. Why are *Chloris gayana* leaves shorter in salt-affected plants? Analyses in the elongation zone. **Jounal of Experimental Botany**, v.57, n.14, p.3945–3952, 2006.

PANDEY, H.; BOURAHMOUNE, K.; HONDA, T.; HONJO, K.; KURITA, K.; SATO, T.; SAWA, A.; FURUKUBO-TOKUNAGA, K. Genetic interaction of DISC1 and Neurexin in the development of fruit fly glutamatergic synapses. **Nature Partner Journals Schizophrenia**, v.3, n.1, p. 39-39, 2017.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, n.3, p.324–349, 2005.

PARIDA, A.K.; VEERABATHINI, S.K.; KUMARI, A.; AGARWAL, P.K. Physiological, anatomical and metabolic implications of salt tolerance in the halophyte *Salvadora persica* under hydroponic culture condition. **Frontiers Plant Science**, v.7, n.1, p.1-18, 2016.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, EDNEY, L.; SILVA, M. B. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.49, n.5, p.349-355, 2014.

PIRES, M. C.; YAMANISHI, O. K.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, M. A.F. Enxertia de progêneres de maracujazeiro-roxo australiano em espécies nativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.3, p.823-830, 2009.

PRADO, F. E.; HILAL, M. B.; ALBORNOZ, P. L.; GALLARDO, M. G.; RUIZ, V. E. Anatomical and physiological responses of four quinoa cultivars to salinity at seedling stage. **Indian Journal of Science and Technology**, v.10, n.8, p.1-12, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, Vienna: R Foundation for statistical computing, 2016. Avaliado: <<https://cran.r-project.org/>>. Acesso em 13 de junho 2016.

RASBAND, W. S. ImageJ, U S National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij>. 1997-2016

REWALD, B.; RAVEH, E.; GENDLER, T.; EPHRATH, J. E.; RACHMILEVITCH, S. Phenotypic plasticity and water flux rates of citrus root orders under salinity. **Journal of Experimental Botany**, v.63, n.7, p.1-11, 2012.

REZENDE, T. T.; CARVALHO, S. P.; BUENO FILHO, J. S. S.; HONDA FILHO, C. P.; SIMÕES, L. C.; PAULINO, R. N. L.; OLIVEIRA, L. L.; NASCIMENTO, T. L. C.; Propagação vegetativa do cafeiro (*Coffea arábica*) por miniestacas. **Coffee Science**, v.12, n.1, p.91 – 99, 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. México, 1954. 172p. (Manual de Agricultura, 60)

RODRIGUEZ-NAVARRO A.; RUBIO F.; High-affinity potassium and sodium transport systems in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.57, n.5, p.1149–1160, 2006.

ROUPHAEL, Y.; PETROPOULOS, S. A.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.; Salinity as eustressor for enhancing quality of vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 234, n.1, p.361–369. 2018.

SÁ, J. M.; LEITÃO, E. T. C.; GOMES, C. D. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; SOUSA, V. F. O.; SANTOS, G. L.; MELO, R. A. P.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; LACERDA, J. S. P. SANTOS, A. S. The initial growth of passion fruit plant irrigated with saline water and the application of biostimulants, **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.9, p. 357-363, 2018.

SANDHU, D.; CORNACCHIONE, M. V.; FERREIRA, J. F. S.; SUAREZ, D. L. Variable salinity responses of 12 alfalfa genotypes and comparative expression analyses of salt response genes. **Scientific Reporters**, v.4, n.7, p.1-18, 2017.

SHABALA S.; CUIN T.A. Potassium transport and plant salt tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 133, n.1, p.651–669, 2008.

SHARAF, A. T.; NAIM, I. Morphological and anatomical responses of two palestinian tomato (*Solanum lycopersicon* L.) cultivars to salinity during seed germination and early growth stages. **African Journal Biotechnology**, v.12, n.1, p.4788-4797, 2013.

SHRIVASTAVA, P., KUMAR, R., Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.22, n.2, p.123–131, 2015.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae.**, v.229, n.1, p.77-90, 2018.

VOLKOV, V. Salinity tolerance in plants. Quantitative approach to ion transport starting from halophytes and stepping to genetic and protein engineering for manipulating ion fluxes. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.873, p.1-25, 2015.

WANG, Z.; WANG, M.; LIU, L.; MENG, F. Physiological and proteomic responses of diploid and tetraploid black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) subjected to salt stress. **International Journal Molecular Sciences**, v.14, n.1, p.20299-20325, 2013.

WANI, A. S.; AHMAD, A.; HAYAT, S.; TAHIR, I. Epibrassinolide and proline alleviate the photosynthetic and yield inhibition under salt stress by acting on antioxidant system in mustard. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.135, n.1, p. 385-394, 2019.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signal Behaviour**, v.7, n.10, p.1306-1320, 2012.

XU, H. M.; TAM, N. F. Y.; ZAN, Q. J.; BAI, M.; SHIN, P. K. S.; VRIJMOED, L. L. P.; CHEUNG, S. G.; LIAO, W. B.; Effects of salinity on anatomical features and physiology of a semi-mangrove plant *Myoporum bontioides*. **Marine Pollution Bulletin**, v.85, n.2, p.738–746. 2014.

YADAV, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A.; HAYAT, S. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. **Journal of Environmental Biology**, v.32, n.1, p.667–685, 2011.

ZAKERY-ASL, M. A.; BOLANDNAZAR, S.; OUSTAN, S. Effect of salinity and nitrogen on growth, sodium, potassium accumulation, and osmotic adjustment of halophyte *Suaeda aegyptica* (Hasselq.) Zoh. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.60, n.1, p.785–792, 2014.

ZHAO, W. T.; FENG, S. J.; LI, H.; FAUST, F.; KLEINE, T.; LI, L. N. A.; YANG, Z. M. Salt stress-induced *FERROCHELATASE 1* improves resistance to salt stress by limiting sodium accumulation in *Arabidopsis thaliana*. **Scientific Reports**, v.7, n1, p.1-16, 2017.

TECHNES AGRÍCOLA. Disponível em Acesso <<http://www.technes.com.br/vivatto.html>> em 20 nov. 2018.