



**ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NO
CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE
Eucalyptus spp.**

JANDERSON DE JESUS LACERDA

2016

JANDERSON DE JESUS LACERDA

**ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO
INICIAL DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

BAHIA - BRASIL

2016

L137e Lacerda, Janderson de Jesus.
Estresse salino e seus efeitos no crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* ssp / Janderson de Jesus Lacerda, 2016.
121f.
Orientador (a): Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, 2016.
Inclui referências. 96- 113.
1. Eucalipto – Cultivo. 2. Estresse salino – Eucalipto. 3. Plantas lenhosas. 4. Área de concentração - Fitotecnia I. Cairo, Paulo Araquém Ramos. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia, III. T.

CDD: 634.973766

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

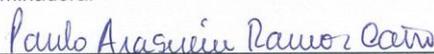
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Estresse salino e seus efeitos no crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* spp."

Autor: Janderson de Jesus Lacerda

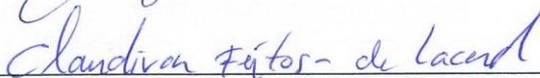
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:



Prof. Paulo Araújo Ramos Cairo, D.Sc., UESB
Presidente



Prof. Cristiano Tagliaferre, D.Sc., UESB



Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, D. Sc., UFC/Fortaleza/CE

Data de realização: 29 de fevereiro de 2016.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383
– Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

A Deus, aos meus pais, José e Helena, e à minha filha, Eloisa,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, sabedoria e proteção;

Aos meus pais, José e Helena, pelo incentivo, cuidado e amor incondicional;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do Mestrado;

Ao Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo, pela orientação, apoio, confiança e amizade;

Aos membros da banca examinadora, Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda e Dr. Cristiano Tagliaferre, pelas correções e sugestões;

À minha princesa Eloisa (filha), pela compreensão e por ser minha fonte de força e inspiração;

À minha noiva Yasmin Haluan, pelo companheirismo, paciência, incentivo e amor;

Aos meus irmãos Jearleson e Julian, pela força e conhecimentos transmitidos;

Aos colegas Romário Barbosa e Vinícius Botelho, pelo apoio e companheirismo durante a condução do experimento e realização das análises de laboratório, e pela grande amizade;

Aos Professores Armínio Santos, Carlos Henrique Amorim, Hugo Andrade e Luciana Gomes, pelas sugestões e disposição para ensinar;

Aos professores Anselmo Viana, Maria Aparecida Castellani, Otoniel Moraes, Ramon Vasconcelos, Renato Prado, Sylvana Matsumoto e Vera Lúcia Baldrani, pelos conhecimentos compartilhados;

Aos colegas do curso, em especial a Yuri, Thiago, Ricardo e Luan, pelo companheirismo;

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, em especial a Virgiane, Celina e Paula, pelo apoio;

Aos alunos do curso de Engenharia Florestal, Iago e Theilon, pelo grande apoio;

Às empresas VERACEL SA e VEREDA FLORESTAL, pela concessão das mudas;

À CAPES, pelo auxílio financeiro e concessão da bolsa;

A todos que contribuíram para esta realização pessoal e profissional.

RESUMO

LACERDA, J. J. **ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2016. 122p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

A ocorrência de elevadas concentrações de sal, em solos de algumas áreas, restringe o cultivo de eucalipto. A salinidade pode provocar reduções de crescimento e produtividade das plantas, como uma resposta aos efeitos do excesso de íons sobre os aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, quando são submetidas a níveis elevados de NaCl. A fim de avaliar os efeitos de diferentes níveis de sal sobre as características fisiológicas de quatro clones de eucalipto, realizou-se um estudo em casa de vegetação, baseado em um delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído por um fatorial 4 x 5, com 20 tratamentos, quatro repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos foram quatro clones (AEC 144, AEC 1528, VCC 361 e 865 VCC) e cinco concentrações de sal (0, 20, 40, 60 e 80 mm). Mudanças de clones, com 90 dias de idade, foram transplantadas em vasos com areia lavada. A adaptação ao novo ambiente de cultivo foi feita utilizando solução nutritiva de Clark, com 33, 50 e 100 % da força iônica. Depois disso, as mudas foram submetidas a diferentes concentrações de NaCl e, em seguida, algumas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas foram avaliadas. A salinidade induziu diminuição de crescimento em altura e diâmetro do caule em todos os clones, além de ter causado diminuição de matéria seca, especialmente nas raízes. Na parte aérea, a diminuição da matéria seca foi mais intensa no fuste do que em folhas e ramos. Em termos de acúmulo de matéria seca, VCC 865 foi o clone mais tolerante à salinidade. O potencial hídrico foliar teve um declínio em todos os clones, embora ele tenha sido mais suave em AEC 144. Considerando que o teor relativo de água não teve forte decréscimo, pode-se deduzir que o ajuste osmótico foi uma resposta das plantas ao estresse salino. Entretanto, o ajuste osmótico não se deu como consequência do acúmulo de solutos orgânicos solúveis, porque o aumento da salinidade resultou em decréscimos nas concentrações de açúcares solúveis e redutores, assim como em aminoácidos livres, embora as concentrações de prolina não tenham sofrido variações, exceto em AEC 1528. A salinidade não causou quaisquer efeitos sobre a condutância estomática, a transpiração e o teor de clorofila. Estes resultados podem estar relacionados com nenhum efeito da salinidade também sobre a fotossíntese e a concentração interna de CO₂ na maioria dos clones, embora estas duas últimas características tenham aumentado em VCC 865 e AEC 144, respectivamente. Considerando-se as características morfológicas e o acúmulo de matéria seca como as variáveis que mais permitiram identificar os efeitos da salinidade, concluiu-se que os clones

avaliados neste estudo podem ser classificados como moderadamente tolerantes ao estresse salino, com destaque para VCC 865 e AEC 1528, que apresentam melhor desempenho agrônômico e toleram o cultivo em salinidades de até 7,8 e 8,2 dS m⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: Plantas lenhosas, estresse abiótico, salinidade, nutrição mineral, metabolismo vegetal.

Orientador: Paulo Araquém Ramos Cairo, *D.Sc.*, UESB

ABSTRACT

LACERDA, J. J. SALT STRESS AND ITS EFFECTS ON INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus* spp. CLONES. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2016. 122p. (Dissertation - Master in Agronomy / Phytotechny).

The occurrence of high salt concentrations in soils of some areas restricts the eucalyptus cultivation. Salinity can cause decreases of plant growth and productivity, as a response to effects of the ions excess on morphological, physiological and biochemical aspects, when they are subjected to high NaCl levels. In order to evaluate the effects of different salt levels on the physiological characteristics of four eucalyptus clones, a study was carried out at a greenhouse, arranged by a completely randomized experimental design, consisting of a factorial 4 x 5, with 20 treatments, four replications and one plant per plot. The treatments were four clones (AEC 144, AEC 1528, VCC 361 and VCC 865) and five salt concentrations (0, 20, 40, 60 and 80 mM). Seedlings of the clones, with 90 days old, were transplanted in pots filled with washed sand. A time to adaptation was considered, using Clark nutrient solution with 33, 50 and 100 % of the strength ionic. After that, seedlings were subjected to the different NaCl levels, and then some morphological, physiological and biochemical characteristics were evaluated. Salinity induced growth decrease of height and stem diameter in all clones, besides have caused dry matter decrease, especially on the roots. On the shoot, the dry matter decrease was more intense in stem than in leaves and branches. In terms of dry matter accumulation, VCC 865 was the most tolerant clone to salinity. Leaf water potential had a drop in all clones, although it has been softer in AEC 144. As the relative water content had no strong decrease, it can be concluded that the osmotic adjustment was the plant response to salt stress. Nevertheless, the osmotic adjustment was not a consequence of soluble organic solutes accumulation, because the salinity increased led to decreases in soluble and reducing sugar contents, as well as in free amino acids, although the proline contents have no had no variation, except in AEC 1528. Salinity didn't cause any effects on stomatal conductance, transpiration and chlorophyll content. These results may be also related to no salinity effects on photosynthesis and internal CO₂ concentration in majority of clones, although these last two characteristics have increased in VCC 865 and AEC 144, respectively. Considering the morphological characteristics and the dry matter accumulation like the best variables to identify the effects of salinity, it is concluded that the clones in this study can be classified as moderately tolerant to salt stress, especially VCC 865 and AEC 1528, that show better agronomic performance and are tolerant to cultivation in salinity levels until 7.8 and 8.2 dS m⁻¹, respectively.

Keywords: Woody plants, abiotic stress, salinity, mineral nutrition, plant metabolism.

Adviser: Paulo Araquém Ramos Cairo, *D.Sc.*, UESB.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da solução nutritiva, conforme Clark (1975)	37
Tabela 1A. Resumo das análises de variância das variáveis altura, diâmetro de colo, área foliar (AF)	115
Tabela 2A. Resumo das análises de variância das variáveis matéria seca da folha (MS-folha), matéria seca do fuste (MS-fuste), matéria seca do ramo (MS-ramo), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), relação matéria seca da parte aérea/ matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e matéria seca total (MS-total)	116
Tabela 3A. Resumo das análises de variância da variável taxa de crescimento absoluto (TCA) aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias de tratamento (DT)	117
Tabela 4A. Resumo das análises de variância da variável taxa de crescimento relativo (TCR) aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias de tratamento (DT)	118
Tabela 5A. Resumo das análises de variância das variáveis potencial hídrico (Ψ_w), teor relativo de água (TRA), condutância estomática (g_s), transpiração (E), fotossíntese (A), concentração interna de CO_2 (C_i), temperatura da folha (T_f)	119
Tabela 6A. Resumo das análises de variância das variáveis eficiência do uso da água (A/E), eficiência de carboxilação (A/C_i), clorofilas totais e carotenoides	120
Tabela 7A. Resumo das análises de variância das variáveis clorofilas totais, carotenoides, açúcares solúveis totais das folhas (AST-folha), açúcares solúveis totais das raízes (AST-raiz), açúcares redutores de folhas (AR-folha), açúcares redutores de raízes (AR-raiz), aminoácidos e prolina	121

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados de temperatura registrados na estação meteorológica da UESB durante o período experimental (INMET) 35
- Figura 2.** Altura de plantas de *Eucalyptus* spp. aos 115 DT, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 46
- Figura 3.** Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, durante o período experimental 50
- Figura 4.** Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de *Eucalyptus* spp. aos 45, 60, 75 e 90 DT, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas. C.E = Condutividade Elétrica 51
- Figura 5.** Diâmetro de colo em plantas de *Eucalyptus* spp., submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito da salinidade nos clones; (B) média dos clones. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 53
- Figura 6.** Área foliar total (AF) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 55

Figura 7. Lesões em folhas de eucalipto, clone AEC 1528, aos 95 (A, 57
B) e 115 DT (B), provocadas por acúmulo de sais, quando cultivado em
9 dS m⁻¹

Figura 8. Massa seca de folhas de plantas de *Eucalyptus* spp. 59
submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos
115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B) média dos
clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna,
representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras
iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-
Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 9. Massa seca de ramos (A, B) e fuste (C, D) de plantas de 61
Eucalyptus spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco
concentrações salinas, aos 115 DT. (A, C) Efeito dos níveis de
salinidade nos clones; (B, D) média dos clones. As barras, em cada
coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas,
letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste
Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 10. Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Eucalyptus* 62
spp., submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas,
aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B) média
dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna,
representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras
iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-
Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 11. Massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Eucalyptus* spp. 64
submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos
115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B) média dos
clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna,
representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras
iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-
Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 12. Relação MSPA/MSR em plantas de *Eucalyptus* spp. 65
submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos
115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B) média dos

clones. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 13. Massa seca total (MS-total) de plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 67

Figura 14. Análise de componentes principais para variáveis morfológicas H, D, MS-folha, MS-ramos, MS-fuste, MSPA, MSR, MS-total, MSPA/MSR e AF, de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas 69

Figura 15. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em plantas jovens de quatro clones de eucalipto, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 71

Figura 16. Teor relativo de água (TRA) em plantas jovens de quatro clones de *Eucalyptus* spp submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito da salinidade nos clones, (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica 73

Figura 17. (A) Condutância estomática (g_s) e (B) transpiração (E) em plantas jovens de quatro clones de *Eucalyptus* spp, aos 115 DT. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). 76

Figura 18. Fotossíntese (A) (A e B) e concentração interna de CO₂ (Ci) 77
(C e D) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 19. Teores de carotenoides (A e B) em folhas de plantas jovens 80
de *Eucalyptus* spp submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 20. Análise de componentes principais para variáveis 82
fisiológicas A, E, gs, Ci, Ti, A/E, A/Ci, TRA, clorofila, carotenoides e potencial hídrico de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidos a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas

Figura 21. Teores de açúcares solúveis totais (AST) em folhas (A e B) 84
e raízes (C e D) de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidos a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 22. Teores de açúcares redutores em folhas (A e B) e raízes (C e 88
D) de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica

Figura 23. Teores de aminoácidos totais (A e B) e prolina (C e D) em 91
folhas de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a
soluções nutritivas com cinco concentrações salinas aos 115 DT. (A e
C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B e D) média dos clones,
em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a
variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam
que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$).
C.E. = condutividade elétrica

Figura 24. Análise de componentes principais para variáveis 94
bioquímicas prolina, aminoácidos livres, AST e AR de raiz e folha, de
plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções
nutritivas com cinco concentrações salinas

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
AA	Aminoácidos livres totais
ABAF	Associação Baiana de Empresas de Base Florestal
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ACP	Análise de componentes principais
AF	Área foliar (cm^2)
AR	Açúcares redutores
AST	Açúcares solúveis totais
CE	Condutividade elétrica
Ci	Concentração interna de CO_2 ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
D	Diâmetro de colo (mm)
DT	Dias de tratamento
E	Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
g	Gramas
gs	Condutância estomática ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
H	Altura da parte aérea (cm)
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
IRGA	Analisador de gases por infravermelho
L	Litros
mg	Miligramas
MS	Massa seca
MS-folha	Massa seca das folhas
MS-fuste	Massa seca do fuste
MS-ramo	Massa seca dos ramos
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSPA/MSR	Relação massa seca da parte aérea / massa seca do sistema radicial
MSR	Massa seca do sistema radicial
MS-total	Massa seca total
PF	Peso da matéria fresca (g)
PIB	Produto Interno Bruto
PS	Peso da matéria seca (g)
PT	Peso da matéria túrgida (g)
EROs	Espécies reativas de oxigênio
TCA	Taxa de crescimento absoluto
TCR	Taxa de crescimento relativo
TRA	Teor relativo de água
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Ψ_w	Potencial hídrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1	A cultura do eucalipto: caracterização botânica, aspectos econômicos e ambientais.....	23
2.2	A salinidade dos solos e seus efeitos sobre as plantas.....	25
2.3	Dificuldade para absorver água e redução da taxa de crescimento celular.....	27
2.4	Toxicidade causada pelo acúmulo de íons na planta.....	28
2.5	Interferência indireta dos sais nos processos fisiológicos da planta	31
2.6	Mecanismos de tolerância ao estresse salino.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Caracterização da área experimental.....	35
3.2	Delimitação experimental e tratamentos.....	36
3.3	Genótipos e obtenção das mudas.....	36
3.4	Condições de plantio.....	37
3.5	Características avaliadas.....	38
3.6	Análise estatística.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	Avaliações morfológicas.....	46
4.1.1	Altura de plantas e taxa de crescimento.....	46
4.1.2	Diâmetro de colo.....	53
4.1.3	Área foliar total.....	55
4.1.4	Massa seca da parte aérea (MSPA).....	59
4.1.5	Massa seca do sistema radicular (MSR) e relação MSPA/MSR.....	64
4.1.6	Análise de componentes principais das variáveis morfológicas.....	68
4.2	Avaliações fisiológicas.....	70
4.2.1	Potencial hídrico foliar.....	70

4.2.2	Teor relativo de água.....	73
4.2.3	Trocas gasosas foliares.....	75
4.2.4	Clorofilas e carotenoides.....	79
4.2.5	Análise de componentes principais das variáveis fisiológicas.....	81
4.3	Avaliações bioquímicas.....	83
4.3.1	Açúcares solúveis totais.....	83
4.3.2	Açúcares redutores.....	86
4.3.3	Aminoácidos totais e prolina.....	90
4.3.4	Análise de componentes principais das variáveis bioquímicas.....	93
5	CONCLUSÕES.....	95
	REFERÊNCIAS.....	96
	APÊNDICE.....	114

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é cultivado em diversas regiões no mundo e, nas últimas décadas, vem se destacando como uma das mais importantes essências florestais do país. Segundo a ABAF (2015), o Brasil possui uma área de 5,6 milhões de hectares cultivados com eucalipto, dos quais aproximadamente 11,34% estão na Bahia, colocando este estado na posição de quinto maior produtor do país. O sucesso na expansão dos grandes cultivos de eucalipto no Brasil é em decorrência da sua alta versatilidade para adaptação aos diversos tipos de clima e solo, bem como da diversidade de produtos que essa cultura pode oferecer à indústria (SANTOS e outros, 2003; REZENDE e outros, 2013). Com o aumento da demanda por eucalipto para fins de madeira e/ou celulose e biomassa para produção de energia (ABRAF, 2013; PROTÁSIO e outros, 2014), o plantio de eucalipto tem sido realizado em áreas marginais, que apresentam limitações para cultivos agrícolas mais exigentes (VIANNA e outros, 2007).

No Brasil, o problema com salinidade dos solos é verificado em todo o país, mas especialmente na região Nordeste, onde grandes áreas encontram-se salinizadas (SILVA e outros, 2011), sendo este um dos principais fatores para a existência de limitações de cultivos em várias regiões (CHINNUSAMY e outros, 2005; SÁ e outros, 2013). A maior área afetada está localizada no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Ceará, com 25% da área total do país (GHEYI e FAGERIA, 1997). A salinidade do solo é resultado de processos naturais ou induzidos, associados ao manejo inadequado da terra ou causado pelo uso de água salina na irrigação. Esse problema aumenta, anualmente, devido às mudanças climáticas e à alta demanda por água e fertilizantes na agricultura moderna (LOPES e KLAR, 2009).

O problema da salinidade nos solos agricultáveis está relacionado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo, afetando o desenvolvimento vegetal (FARIAS, 2008). O estresse salino provocado pela elevada concentração de sais na zona radicular interfere nos processos fisiológicos e metabólicos das culturas, através de efeitos tóxicos dos íons, e por dificultar a absorção de água pelas raízes (HASEGAWA e outros, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013). Além disso, provoca redução na eficiência dos mecanismos que controlam a abertura dos estômatos, afetando, assim, as trocas gasosas realizadas pelas plantas e as reações químicas de assimilação de CO₂, afetando o crescimento e o desenvolvimento das culturas (FLOWERS e FLOWERS, 2005).

Pesquisas em busca de práticas de manejo que viabilizem a utilização de solos com excesso de sais estão sendo desenvolvidas em várias vertentes (CAVALCANTE e outros, 2005; ALVES e outros, 2008; COSTA e outros, 2008; TABATABAEI e FAKHRZAD, 2008; ALVES e outros, 2011), apresentando bons resultados com o uso de lixiviação de sais e aplicação de corretivos químicos. Entretanto, essas práticas não resolvem efetivamente o problema, pois, além de alto custo (MENDONÇA e outros, 2007), elas não podem ser aplicadas a todas as culturas, inviabilizando a sua adoção em diversas propriedades. Uma alternativa que pode ser aliada a essas práticas é a seleção de plantas tolerantes à salinidade, tanto para reabilitação do solo quanto para a produção agrícola (MISHRA e outros, 2003; SU e outros, 2005).

Apesar de haver variabilidade genética para a tolerância de *Eucalyptus* spp à salinidade (MANSOUR e outros, 2003; MENDONÇA e outros, 2007), o conhecimento acerca dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos que contribuem para essa tolerância ainda é escasso e requer mais estudos em busca de materiais genéticos mais adaptados a diversas condições ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar

respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto expostos a variados níveis de salinidade, com vistas a elucidar os efeitos fisiológicos do estresse salino, bem como os mecanismos de tolerância apresentados por diferentes genótipos dessa espécie.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do eucalipto: caracterização botânica, aspectos econômicos e ambientais

Das espécies florestais cultivadas, as pertencentes ao gênero *Eucalyptus* são as de maior importância econômica e ambiental. Nativo do continente australiano, o gênero pertencente à família Myrtaceae, foi descrito pela primeira vez pelo botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle, em 1788, e atualmente possui mais de 700 espécies descritas. Eucaliptos têm ampla adaptação a diversos ambientes, ocorrendo naturalmente dentro ou próximos de zonas costeiras ou interiores da Austrália, onde os solos ou águas subterrâneas constituem soluções salinas e os solos são geralmente pobres em nutrientes (GRIEVE e outros, 1999). A maioria das espécies conhecidas é de árvores típicas de florestas altas, atingindo alturas que variam de 30 a 50 metros e de florestas abertas, com árvores menores, atingindo alturas entre 10 e 25 metros. A domesticação do *Eucalyptus* começou há cerca de 200 anos, e o gênero já se espalhou pelo mundo, permitindo que seu cultivo seja realizado, também, em outros continentes, como Ásia, África e América, com espécies de grande importância para muitas regiões. Na América do Sul, o primeiro país a introduzir o eucalipto foi o Chile, em 1823, e, posteriormente, o Uruguai (1853) e a Argentina (1865) (ANDRADE, 1909; MOURA e outros, 2000; VALE e outros, 2014; HENRY e outros, 2015).

No Brasil, é difícil determinar a data de introdução do eucalipto. Os relatos mais antigos são de dois exemplares de *Eucalyptus globulus* plantados, em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Entretanto, os trabalhos de pesquisa para o cultivo comercial do eucalipto foram iniciados apenas em 1904, por Edmundo Navarro de Andrade. O cultivo em escala

econômica foi iniciado a partir de 1966, com a lei dos incentivos fiscais ao reflorestamento, quando sua área de plantio no país aumentou de 500 mil para 3 milhões de hectares (VALVERDE, 2007; VALE e outros, 2014).

A cultura do eucalipto encontra-se espalhada por quase todo o território nacional e tem sido uma grande alternativa ao uso da madeira nativa na produção madeireira no Brasil. Isso se dá, principalmente, em razão do seu rápido crescimento e da alta produtividade (RAMOS e outros, 2011). Segundo Ibá (2015), a área brasileira cultivada com árvores atingiu, em 2014, 7,74 milhões de hectares, sendo que os plantios de *Eucalyptus* representam 71,9% desta área, onde se observa um crescimento de 1,6% em relação a 2013.

O estado da Bahia, em 2014, ocupou a posição de quinto maior produtor de eucalipto do país, com aproximadamente 11,34% da área produtiva nacional. Em 2014, o setor florestal cresceu 6,3% na Bahia e participou com aproximadamente 5,4% do PIB do Estado. Agregada a cada plantio florestal, está a manutenção ou recuperação de 473 mil hectares de florestas nativas preservadas, o que equivale dizer que, para cada hectare plantado, o setor preserva 0,7 hectare de mata, muito além do que preconiza a legislação ambiental (ABAF, 2015; IBÁ, 2015).

Apesar de a participação das plantações florestais estar aumentando em todos os segmentos em relação às florestas nativas, a produção não será capaz de atender à demanda por produtos madeireiros em 2030, quando a expectativa de aumento da produção, em alguns setores, será de apenas 50% daquele esperado para a demanda (FAO, 2009). Esta pressão para atender à demanda tem levado o cultivo do eucalipto para áreas marginais, que apresentam limitações a cultivos mais exigentes (VIANNA e outros, 2007; VALE e outros, 2014).

Diante do novo contexto mundial e dos efeitos das mudanças climáticas, as empresas enfrentam o desafio de aprimorar as técnicas de uso

da terra, da água e dos demais recursos, realizando investimentos cada vez maiores em programas de melhoramento genético, com a utilização de técnicas como a clonagem, para alcançar árvores mais produtivas, com melhor forma, maior densidade, quantidade de fibras e resistência a pragas, a doenças, à seca, ao frio e à salinidade, para produzir madeira em qualidade e quantidade exigidas pelo mercado (TONINI e outros, 2006; IBÁ, 2015).

No Brasil, as espécies de maior importância são *E. urophylla* e *E. grandis*, que, juntamente com seus híbridos denominados popularmente de “urograndis”, somam 75% da área cultivada no país (CAMPOS e outros, 2011).

Nesse contexto, a busca por maior produtividade no setor florestal tem demandado pesquisas à procura de materiais genéticos mais produtivos e adaptados às diferentes condições ambientais (VELLINI e outros, 2008).

2.2 A salinidade dos solos e seus efeitos sobre as plantas

Estima-se que mais de 6% das terras aráveis do mundo são afetadas pela salinidade, cobrindo cerca de 800 milhões de hectares (MUNNS e TESTER, 2008), resultando em um declínio de mais de 50 % nos rendimentos médios das principais culturas (WANG e outros, 2003).

Áreas afetadas por sais ocorrem em todo o mundo. O acúmulo de sais em solos ocorre em virtude de diversos fatores. Geralmente, essas áreas são mais comuns em regiões nas quais os índices de evapotranspiração superam os de precipitação, onde a drenagem é deficiente, e existe riqueza de sais no material de origem. Pode ocorrer, também, em regiões nas quais a irrigação é fundamental para o desenvolvimento de uma agricultura bem sucedida, e onde há uso excessivo de fertilizantes. O avanço da irrigação nas regiões semiáridas, em áreas de terras marginais, e com o uso de águas de

baixa qualidade, tem incrementado o acúmulo de sais nos solos e, conseqüentemente, a sua degradação, promovendo modificações nas características físicas do solo, ao influenciar na dispersão das argilas (RIBEIRO, 2010).

A salinidade é um dos fatores ambientais que mais limitam o crescimento e a produtividade das plantas (SILVA e outros, 2013). Este fator é mais expressivo nas regiões áridas e semiáridas, as quais apresentam grandes contrastes ambientais (PARIDA e DAS, 2004; MUNNS e TESTER, 2008). Estima-se que, no Brasil, a área total de solos afetados por sais seja superior a dezesseis milhões de hectares, ocorrendo tanto em regiões úmidas como em regiões semiáridas (RIBEIRO e outros, 2003). A maior área afetada está localizada no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Ceará, com 25% da área total do país (GHEYI e FAGERIA, 1997).

A salinidade é caracterizada pela presença de elevadas concentrações de sais solúveis no solo. Os principais íons relacionados à salinidade são os cátions sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+), e os ânions cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e nitrato (NO_3^-) (LEMES, 2013). No nordeste brasileiro, nas águas com alta salinidade utilizadas para irrigação, a relação iônica Na:Ca é predominantemente 3:2 (MEDEIROS, 1992). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) a salinidade é considerada no caráter sálico ($\text{CEes} \geq 7 \text{ dS m}^{-1}$, a 25°C) e no caráter salino ($4 \geq \text{CEes} < 7 \text{ dS m}^{-1}$, a 25°C), utilizados para separar classes no segundo, terceiro e quarto níveis categóricos (EMBRAPA, 2006).

Os efeitos do estresse salino na planta dependem de alguns fatores, tais como a concentração da solução que está em contato com as raízes, a granulometria do solo, o local onde as plantas são expostas ao estresse, o estágio de desenvolvimento da planta, se o estresse é abrupto ou escalonado, a duração do estresse e a interação deste com outros tipos de estresses, sejam

bióticos ou abióticos (RHOADES e outros, 2000; PRISCO e GOMES FILHO, 2010). Para muitas espécies de plantas, a salinidade do solo é conhecida por reduzir o crescimento e desenvolvimento por meio de estresse osmótico, toxicidade de íons, deficiências minerais e indução de distúrbios fisiológicos e bioquímicos em processos metabólicos (SOHAIL e outros, 2009).

O efeito negativo que os sais ocasionam às plantas pode ser causado por três fatores. O primeiro é a dificuldade na absorção de água, que é causado pela presença de sais na solução do solo, reduzindo o potencial osmótico e, conseqüentemente, o potencial hídrico do solo. O segundo é a toxicidade causada por íons específicos, que acontece quando as plantas absorvem os sais do solo junto com a água, ocasionando toxidez por excesso de sais absorvidos. O terceiro é a interferência indireta dos sais nos processos fisiológicos da planta, que acontece quando as altas concentrações de cátions, principalmente de sódio, interferem nas propriedades físico-químicas do solo, afetando a disponibilidade de outros elementos e, indiretamente, o desenvolvimento normal das plantas (DIAS e BLANCO, 2010).

2.3 Dificuldade para absorver água e redução da taxa de crescimento celular

Alguns autores consideram o estresse salino como osmótico (JAMES e outros, 2011), porque a capacidade de absorção de água pelas plantas torna-se menor, devido ao acúmulo de sais e à conseqüente redução do potencial osmótico do solo. O excesso de sais no solo pode, até mesmo, causar perda de água da planta para o solo, levando à plasmólise (DIAS e BLANCO, 2010; SANTOS e outros, 2010). A redução no potencial hídrico dos tecidos vegetais provoca restrição ao crescimento, uma vez que as taxas

de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (ASHRAF e HARRIS, 2004).

A redução da disponibilidade de água para as plantas, causada pelo estresse salino, pode afetar as trocas gasosas e inibir a expansão foliar (MUNNS, 2002; NEVES e outros, 2009a). O fechamento estomático é um mecanismo adaptativo das plantas para evitar perdas excessivas de água, quando ocorrem essas situações de estresse. No entanto, esse mecanismo interfere na atividade fotossintética, limitando a entrada de CO₂ pelos estômatos, podendo ocasionar redução na produção de fotoassimilados. Em culturas como o sorgo sudão (FEIJÃO e outros, 2011), a bananeira prata (NEVES e outros, 2002) e o feijão-de-corda (NEVES e outros, 2009b) a queda na atividade fotossintética, provocada pelo estresse salino, reflete em menor crescimento e produtividade. Em híbridos de eucalipto, o aumento dos níveis de salinidade de solo, a partir de 4,5 dS m⁻¹, pode provocar reduções em altura de planta, diâmetro da base caulinar, massa seca total e área foliar, sendo esta última a mais afetada (LOPES e KLAR, 2009).

2.4 Toxicidade causada pelo acúmulo de íons na planta

O excesso de Na⁺ no ambiente radicular afeta a integridade da membrana (SILVA e outros, 2010) e favorece o acúmulo desse cátion no interior da célula, causando distúrbios na absorção de K⁺, aumento na relação Na⁺/K⁺. Pode-se observar, também, redução na relação Ca⁺²/Na⁺, que afeta as propriedades da membrana, devido ao deslocamento de Ca⁺² associado à membrana, levando a uma ruptura da integridade e seletividade da membrana (CRAMER e outros, 1985; KINRAIDE, 1998; LACERDA e outros, 2001; FERNANDES e outros, 2002). Além de Na⁺, a absorção e o acúmulo de Cl⁻, em condições salinas, também pode resultar em efeitos tóxicos (WILLADINO e CAMARA, 2010).

Para evitar toxicidade iônica no citoplasma, o Na^+ e o Cl^- podem ser compartimentalizados no vacúolo (MUNNS, 2002), enquanto a síntese de solutos orgânicos compatíveis no citoplasma restabelece o equilíbrio osmótico celular, rompido pelo excesso de sais no meio externo e pela compartimentalização iônica no vacúolo. Entre os solutos orgânicos, destacam-se a prolina, glicinabetaína e alguns carboidratos (MUNNS, 2002). A prolina, além de ser um osmorregulador, atua favorecendo o equilíbrio redox em células estressadas (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008), participando na prevenção da formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (HARIR e MITLLER, 2009).

O estresse salino pode acarretar o acúmulo excessivo EROs nas células vegetais, especialmente o ânion superóxido (O_2^-), o radical hidroxila (OH^\cdot) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (MØLLER e outros, 2007). As EROs são subprodutos do metabolismo aeróbico e fotossintético e, em concentrações compatíveis com a homeostase redox celular, são componentes de diversas vias de sinalização (FOYER e NOCTOR, 2003). No entanto, o excesso de EROs causa danos oxidativos em proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, caracterizando o estresse oxidativo secundário (BEN-AMOR e outros, 2005). Para evitar os danos oxidativos, a concentração das EROs é mantida em níveis não tóxicos, por meio de mecanismos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (MØLLER e outros, 2007).

Dentre os mecanismos enzimáticos envolvidos na detoxificação das EROs, destacam-se as dismutases do superóxido (SODs), as catalases (CATs), as peroxidases do ascorbato (APXs) e as peroxidases de fenóis (POXs). As SODs dismutam o O_2^- a H_2O_2 e se localizam principalmente nas mitocôndrias e nos cloroplastos, que são compartimentos que geram a maior parte das EROs nas células vegetais (APEL e HIRT, 2004). O H_2O_2 gerado é então detoxificado pelas CATs, APXs e POXs. As CATs são enzimas

peroxissomais e glioxissomais, que catalisam a redução direta do H_2O_2 a H_2O e O_2 (YANIK e DONALDSON, 2005), enquanto as APXs eliminam o H_2O_2 às expensas do ascorbato, e as POXs, reduzindo fenóis (SHIGEOKA e outros 2002; CAVALCANTI e outros, 2007). Em conjunto, estas enzimas representam componentes importantes do sistema de proteção oxidativa nas folhas e nas raízes de arroz (DIONISIO-SESE e TOBITA, 1998), milho (AZEVEDO-NETO e outros, 2006) e feijão caupi (CAVALCANTI e outros, 2004; CAVALCANTI e outros, 2007).

As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas, sendo que os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internodal, até o centro das folhas (MUNNS, 2002). Para as espécies arbóreas, o nível tóxico nas folhas se encontra em concentrações acima de 0,25 a 0,50% de sódio, em base de peso de matéria seca (QUEIROZ e outros, 1997; DIAS e outros, 2003; GHEYI e outros, 2010). Ao longo do tempo, a salinidade do solo provoca concentrações tóxicas de Na^+ que se acumulam nas folhas, e isto impõe uma limitação adicional para o crescimento, reduzindo a longevidade de tecidos fotossintéticos (MUNNS, 2002).

Os pigmentos fotossintéticos também são afetados pela toxicidade causada pelo estresse salino. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a concentração de pigmentos fotossintéticos varia conforme a espécie vegetal, cujo teor demonstra a adaptabilidade das plantas a estresses ambientais. Esse teor é influenciado por fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética da planta.

Diversos autores citam alterações no teor de clorofila em folhas de plantas com o aumento da salinidade do solo. Tawfik (2008) observou redução progressiva dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas a, b, total e

carotenoides) em feijão vigna, quando o mesmo foi submetido a estresse salino de 50 e 75 mM de NaCl. No milho, que é sensível ao sal, Chaum e Kirdmanee (2009) relacionaram o teor de clorofila total e os níveis de salinidade (100, 200, 300 e 400 mM de NaCl) e observaram que a degradação da clorofila em plântulas estressadas foi positivamente correlacionada com o potencial osmótico nos meios de cultura. A redução da clorofila é atribuída ao enfraquecimento do complexo proteína-pigmento, em cultivares mais sensíveis, devido à indução do sal (TAFFOUO e outros, 2010). Considerando que o teor de clorofila é uma característica fortemente correlacionada com a intensidade da cor verde, Mendonça e outros (2010) verificaram aumento de intensidade da cor verde em plantas de eucalipto, quando o mesmo foi submetido à salinidade de 8,33 dS m⁻¹.

2.5 Interferência indireta dos sais nos processos fisiológicos da planta

Estudos realizados com a cultura do feijão demonstraram que, independentemente do estado fenológico das plantas, o estresse salino reduz a transpiração e a taxa fotossintética líquida, em decorrência do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na⁺ e Cl⁻) nos tecidos foliares (ASSIS JÚNIOR e outros, 2007; NEVES e outros, 2009a).

O excesso de sais pode reduzir o fluxo da seiva xilemática, devido ao efeito osmótico e efeitos tóxicos, que podem romper a integridade da membrana em raízes e, conseqüentemente, levar a uma obstrução do carregamento de seiva no xilema da raiz (ABD-EL BAKI e outros, 2000). Entretanto, é válido ressaltar que, sob condições de elevada umidade no ar, a ascensão da seiva xilemática é promovida pela pressão radicular, tal como ocorre durante condições nubladas ou de chuvas, mostrando que a condição

do ambiente pode interferir no fluxo da seiva xilemática (TAIZ e ZEIGER, 2013). Em estudo com espécies arbóreas, associado com diferentes ambientes, Meinzer e outros (1999) verificaram um rígido controle da transpiração, através de um controle estomático pronunciado, levando a limitações no fluxo de seiva, tanto na estação seca como na estação chuvosa.

Há consenso de que a salinidade afeta o crescimento, devido ao estresse osmótico; à toxicidade por excesso de íons, principalmente o Na^+ e o Cl^- ; e ao desequilíbrio nutricional (FERREIRA-SILVA e outros, 2008; CAVALCANTE e outros, 2010; MUNNS, 2002). Mendonça e outros (2007) observaram a redução linear da massa seca da parte aérea com o aumento dos níveis de salinidade em *Eucalyptus camaldulensis* e *E. robusta*, e inferiram que a redução no crescimento, causada pelo estresse salino, também pode estar relacionada ao custo energético envolvido na síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos, necessários nos processos de compartimentalização e na regulação do transporte de íons. Ainda, decréscimos na exportação de fotoassimilados das folhas para outros órgãos da planta, em resposta ao estresse salino, são relatados na literatura, e resultam no acúmulo de sacarose nas folhas, podendo promover, conseqüentemente, a redução do metabolismo fotossintético (POLJAKOFF-MAYBER e LERNER, 2010).

2.6 Mecanismos de tolerância ao estresse salino

Segundo Parida e Das (2005), a tolerância ao estresse salino é a habilidade que a planta possui para crescer e completar seu ciclo de vida, quando cultivada em substratos que contêm alta concentração de sais solúveis. O acúmulo de solutos inorgânicos (Na^+ , K^+ e Cl^-) é bem evidenciado em condições de estresse salino. Embora esses elementos tenham papel importante no crescimento de plantas superiores, nessas

condições, suas contribuições variam entre as espécies, entre os cultivares de uma mesma espécie, entre órgãos e tecidos de uma mesma planta e até entre diferentes compartimentos de uma célula (ASHRAF e HARRIS, 2004).

O grau de tolerância das plantas à salinidade do solo depende da ativação de múltiplas vias bioquímicas que promovem o acúmulo de água nas células, resguardando as funções fotossintéticas e conservando a homeostase iônica (ESTEVES e SUZUKI, 2008). Para suportar o estresse salino, as plantas desenvolvem mecanismos complexos, que contribuem para a adaptação aos estresses osmótico e iônico, provocados pela alta salinidade (MELONI e outros, 2004). Esses mecanismos incluem o ajustamento osmótico, que é usualmente acompanhado pela absorção de íons inorgânicos, bem como pela acumulação de solutos orgânicos compatíveis (osmoprotetores) (STRANGE, 2004). Íons inorgânicos são sequestrados no vacúolo, enquanto os solutos orgânicos são compartimentalizados no citoplasma, para balancear o baixo potencial osmótico nos vacúolos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A tolerância à salinidade depende da habilidade da planta em controlar o transporte de sal através da seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; carregamento do xilema, sendo realizado preferencialmente com K^+ em relação ao Na^+ ; remoção do sal do xilema na parte superior das raízes, caule, pecíolo ou bainhas foliares; retranslocação de Na^+ e Cl^- no floema, garantindo a ausência de translocação para tecidos da parte aérea em processo de crescimento e; excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares, presentes apenas nas halófitas. A tolerância em glicófitas depende dos três primeiros mecanismos sendo que esses mecanismos ocorrem em diferentes graus, em função da espécie e/ou cultivar (MUNNS, 2002).

Dentre as estratégias bioquímicas utilizadas pelas plantas, pode-se citar a compartimentalização de íons em níveis celular (vacúolos) e estrutural (folhas e/ou pecíolos), síntese de osmólitos, alterações nas vias

fotossintéticas, modificações na estrutura de membrana, indução de enzimas antioxidantes e síntese de hormônios (ESTEVEVES e SUZUKI, 2008). Dessa forma, o nível de tolerância de uma determinada espécie irá depender da adoção de um ou mais desses mecanismos e de sua eficiência na redução dos danos causados pelos sais em excesso (COELHO, 2013).

Estudos têm sugerido que, em eucalipto, o mecanismo de tolerância à salinidade pode estar relacionado ao teor de compostos orgânicos, uma vez que a prolina tem seus valores aumentados à medida que se eleva a concentração salina do meio de cultivo de genótipos tolerantes de eucalipto (WOODWARD e BENNETT, 2005), ocorrendo o mesmo em relação a sacarose e glicose (CHEN e outros, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em casa de vegetação, no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), no *campus* de Vitória da Conquista - BA, durante o período de maio a setembro de 2015. O local de implantação do experimento possui coordenadas geográficas de 14° 53' 08'' de latitude sul, e 40° 48' 02'' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 881 m. O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwa (tropical de altitude), com precipitação média anual de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março, e temperatura média anual de 20,2°C, cujas médias máxima e mínima variam entre 26,4°C e 16,1°C, respectivamente (SEPLANTEC/CEI, 1994). Os dados de temperatura obtidos durante o período do experimento estão apresentados na Figura 1.

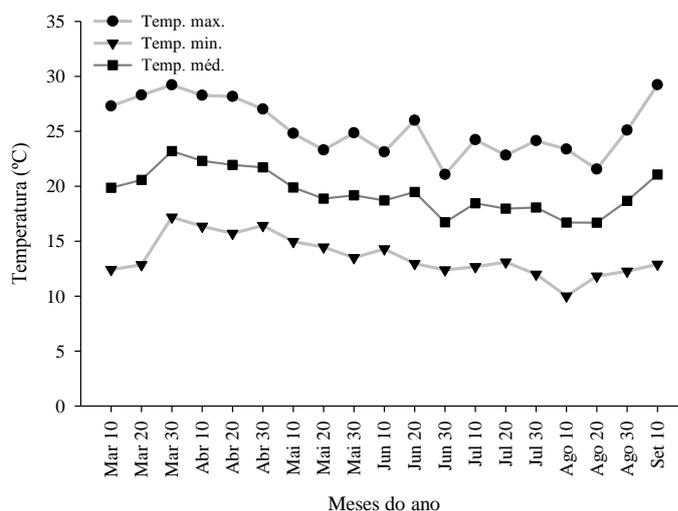


Figura 1. Dados de temperatura registrados na estação meteorológica da UESB durante o período experimental (INMET).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram conduzidos em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em esquema fatorial 4 x 5, no qual os fatores foram os clones (VCC 361, VCC 865, AEC 144, AEC 1528) e as soluções de NaCl em diferentes concentrações (00; 20; 40; 60 e 80 mM), com quatro repetições. As soluções de NaCl foram adicionadas à solução nutritiva de Clark (1975), resultando nas condutividades elétricas 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹, respectivamente. Cada parcela experimental foi constituída de uma planta, totalizando 20 tratamentos e 80 parcelas.

3.3 Genótipos e obtenção das mudas

Foram utilizadas mudas de quatro genótipos de *Eucalyptus* spp., cultivados para fins comerciais em duas regiões com médias anuais de precipitação pluviométrica distintas. Os clones VCC 361 e VCC 865 (*E. urophylla* x *E. grandis*) são cultivados em regiões com precipitação média anual de 1200 mm, e os clones AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e AEC 144 (*E. urophylla*) são cultivados em regiões com precipitação média anual de 800 mm. As mudas foram produzidas e fornecidas pelos viveiros da Veracel Celulose S.A. e Vereda Florestal, localizados nos municípios de Eunápolis-Ba e Águas Vermelhas-Mg, respectivamente.

As mudas foram produzidas nos meses de fevereiro a maio, em tubetes de modelo cônico, com secção circular contendo seis frisos internos longitudinais e equidistantes, dimensões de 12,5 cm de altura, 3 cm de diâmetro na parte interna superior, apresentando o fundo aberto de aproximadamente 1 cm, com capacidade volumétrica de substrato para 50 cm³. As mudas foram adquiridas com 90 dias de idade.

3.4 Condições de plantio

As mudas foram selecionadas quanto à uniformidade de tamanho e número de folhas (quatro e cinco pares), e plantadas em vasos plásticos com volume de 15 L, preenchidos com areia lavada comercial, previamente passada em peneira de 0,005 m de malha. No momento do transplante, cada vaso recebeu 3,5 L de solução nutritiva (CLARK, 1975) (Tabela 1) cuja quantidade foi suficiente para atingir a capacidade de vaso. As plantas foram submetidas a um período de adaptação à solução nutritiva com 30%, 60% e 100% da sua força iônica, permanecendo em cada nível por sete dias. O pH da solução foi ajustado, a cada troca de soluções, para 5,5, utilizando-se NaOH ou HCl, ambos a 0,1 M.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva, conforme Clark (1975)

Solução estoque	Concentração	Volume para a solução nutritiva (ml L ⁻¹)
KNO ₃	1 M	1,8
Ca(NO ₃) ₂	1 M	2,6
MgSO ₄	1 M	0,085
MgCl ₂	1 M	0,515
NH ₄ H ₂ PO ₄	0,1 M	0,7
(NH ₄) ₂ SO ₄	1 M	0,415
Micro-Fe*	*	1
Fe-EDTA**	**	0,4

*A solução de micronutrientes teve a seguinte composição (g L⁻¹): MnSO₄.1H₂O=1,183; H₃BO₃=1,175; ZnSO₄.7H₂O=0,575; Na₂MoO₄.2H₂O=0,145; CuSO₄.5H₂O=0,125.

**Foram dissolvidos 33,3 g de Na₂-EDTA em 500 mL de água contendo 100,4 mL de NaOH 1M, misturando-se com 24,9 g de FeSO₄.7H₂O, arejando-se por 12 h e completando-se a 1 L com água deionizada.

Os tratamentos tiveram duração de 115 dias. Neste período, foi realizada irrigação diária, com solução nutritiva contendo NaCl nas diferentes concentrações, em quantidade suficiente para drenar 10% da capacidade de vaso e, a cada oito dias, a irrigação foi realizada até drenar

40%, para evitar a elevação da concentração de sais na solução dos vasos, a qual foi monitorada por meio de condutivímetro portátil (marca Instrutherm, modelo CD 880).

Aos 40 dias de tratamento, foi aplicado o fungicida Cercobin 700 WP, na concentração 2 g. L⁻¹, em todas as plantas, para controlar sintomas de cercosporiose.

3.5 Características avaliadas

Altura de plantas

A cada 15 dias, a altura das plantas, em cm, foi determinada com uma régua graduada, colocada paralelamente ao caule, medindo-se a altura a partir do solo até a gema apical do fuste.

Taxa de crescimento absoluto

A taxa de crescimento absoluto representa a variação de crescimento da planta num intervalo de tempo, apresentando-se como um indicador da velocidade de incorporação de matéria seca (CAIRO e outros, 2008) e podendo ser utilizada para inferir sobre a adaptação de plantas a novos ambientes. De posse dos resultados de altura, foi realizada uma análise de crescimento conforme Cairo e outros (2008), em que foi determinada a taxa de crescimento absoluto (TCA).

$$TCA = (A_f - A_i) / t$$

Em que: TCA expressa a taxa de crescimento absoluto; A_f, a altura final; A_i, a altura inicial; e t, a duração do período considerado.

Taxa de crescimento relativo

Evidencia o crescimento vegetal em dependência de um material acumulado inicialmente. De posse dos resultados de altura, foi realizada uma análise de crescimento utilizando a seguinte equação:

$$\text{TCR} = (A_f - A_i) / A_i / t$$

Diâmetro do colo

O diâmetro do colo, em mm, foi determinado, em intervalos de 15 dias, com auxílio de um paquímetro digital, posicionado perpendicular ao caule, a 1 cm do solo.

Área foliar total (AF)

Aos 115 dias de período experimental, as plantas foram levadas ao laboratório, e a área foliar total foi determinada pelo somatório da área de todas as folhas das plantas, expressa em cm², e realizada com o auxílio do equipamento Área Meter (LICOR, modelo LI-3100).

Matéria seca da parte aérea (MSPA)

A parte aérea foi separada em folhas, ramos e fuste, os quais foram submetidos à secagem em estufa a 70°C, com circulação forçada de ar, até atingirem peso constante, verificando-se posteriormente o seu peso em balança de precisão. O peso da matéria seca da parte aérea foi determinado pelo somatório das massas individuais, com resultados expressos em g.

Matéria seca do sistema radicial (MSR)

As raízes foram lavadas e submetidas à secagem em estufa a 70°C, com circulação forçada de ar, até atingirem peso constante, verificando-se posteriormente o seu peso em balança com precisão de 0,001 g, cujos resultados foram expressos em g.

Relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca do sistema radicial (MSPA/MSR)

Foi determinada por meio da divisão entre os pesos da parte aérea e o peso do sistema radicial, segundo método proposto por Carneiro (1995).

Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

As avaliações de potencial hídrico foliar foram realizadas às 5 h da manhã, utilizando 1 folha de cada unidade experimental, localizada na parte mediana da copa. Imediatamente após serem coletadas, as folhas foram acondicionadas em envelopes num isopor com gelo, objetivando reduzir ao mínimo os riscos de desidratação, e encaminhadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal, para determinação do potencial hídrico, utilizando-se uma câmara de pressão (Modelo 1000, PMS) (SCHOLANDER e outros, 1965).

Teor relativo de água (TRA)

Com o uso de um perfurador, foram retirados 10 discos do limbo foliar das mesmas folhas utilizadas nas avaliações de potencial hídrico,

registrando-se o peso desse material fresco (PF) em uma balança de precisão. Em seguida, os discos foram transferidos para placas de Petri, onde foram submersos por 24 horas em água deionizada e armazenados em geladeira, a fim de se obter o peso do material túrgido (PT). Posteriormente, os discos foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a de 70°C, durante 48 horas, para obter o peso do material seco (PS). O teor relativo de água foi determinado com base na seguinte fórmula: $TRA = (PF - PS) / (PT - PS) \times 100$ (WEATHERLEY, 1950).

Clorofilas totais

Com ajuda de um perfurador, foram retirados cinco discos do limbo foliar da segunda folha completamente expandida do ramo do terço médio de cada planta. Para a extração dos pigmentos, os discos foram macerados em almofariz, utilizando acetona a 80% (v/v) como extrator. Após filtragem, as soluções foram levadas ao espectrofotômetro, para realização das leituras a 645 e 470 nm, respectivamente, conforme Arnon (1949).

Trocas gasosas foliares

Estas características foram determinadas por meio da avaliação de trocas gasosas nas folhas, utilizando-se um analisador infravermelho de gases (Infrared Gas Analyser) (IRGA LI-6400, LI-COR®, Nebraska/USA). Durante a mensuração dessas características, as plantas receberam irradiância de 900 $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com base em curva de saturação luminosa proposta para o eucalipto (SILVA e outros, 1998). A concentração de CO_2 no ar fornecido ao analisador (ar referencial) foi de 375 $\mu\text{mol.mol}^{-1}$. As leituras foram realizadas, entre 8 h e 10 h da manhã, em uma folha no terço médio de cada planta da unidade experimental. A escolha desse horário

deveu-se ao momento em que as plantas costumam apresentar a maior fixação de carbono durante o dia.

Quantificação de açúcares solúveis totais (AST)

Para obtenção do extrato, 15 mL de solução tampão fosfato de potássio 0,1 M foram utilizados como extrator, para cada 200 mg de matéria seca homogeneizada e triturada. O volume total do extrator foi dividido em três volumes iguais, para a realização de três centrifugações de 45 minutos, a 2.500 rpm. O sobrenadante foi recolhido como extrato e a quantificação de AST foi realizada pelo método da antrona, conforme descrição de Yemm e Willis (1954), com modificações. Para a quantificação de AST nas folhas, adicionou-se uma alíquota de 0,05 mL do extrato a 2 mL de antrona e 0,95 mL de água deionizada, totalizando um volume reacional de 3 mL, em recipiente mantido sob baixa temperatura, com agitação por 20 segundos. Em seguida, o volume reacional foi submetido ao banho-maria, por três minutos. Após o resfriamento, foi realizada a leitura em espectrofotômetro, a 620 nm, cujos resultados foram expressos em mmol de AST g⁻¹ matéria seca. Para a determinação nas raízes a alíquota utilizada foi de 0,1mL.

Quantificação de açúcares redutores (AR)

Para obtenção do extrato, 15 mL de solução tampão fosfato de potássio 0,1 M foram utilizados como extrator, para cada 200 mg de matéria seca homogeneizada e triturada. O volume total do extrator foi dividido em três volumes iguais, para a realização de três centrifugações de 45 minutos, a 2.500 rpm. O sobrenadante foi recolhido para a quantificação de AR pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS), conforme descrição de Miller (1959), com modificações. Para as folhas, o método consistiu na adição de

uma alíquota de 0,6 mL do extrato a 0,5 mL de DNS e 0,4 mL de água deionizada, totalizando um volume reacional de 1,5 mL, que foi submetido ao banho-maria, a 100°C, por cinco minutos. Após o resfriamento à temperatura ambiente, foram adicionados 3,5 mL de água deionizada, completando o volume para 5,0 mL. Em seguida, a leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 540 nm, e os resultados foram expressos em mmol de AR g⁻¹ matéria seca. Para as determinações de AR nas raízes, a alíquota utilizada foi de 0,7 mL.

Quantificação de aminoácidos totais

Para a obtenção do extrato, 0,2 g de tecido foliar foi macerado e homogeneizado em 2 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,3), previamente resfriado a 4°C. Após centrifugação por 10 min, a 4°C, em 7.500 rpm, o sobrenadante foi transferido para um novo tubo e mantido em baixa temperatura até o momento das análises. Os extratos foram submetidos à quantificação de aminoácidos totais, conforme Yemm e Coccking (1955). O método de quantificação consistiu na adição de uma alíquota de 0,6 mL do extrato a uma solução contendo 0,5 mL de citrato de sódio (0,2 M, pH 5), 0,2 mL de ninhidrina (5% em metil celosolve), 1,0 mL de KCN 0,01 M (2 % em metil celosolve) e 0,4 mL de água deionizada, totalizando um volume reacional de 2,7 mL, que foi agitado e submetido ao banho-maria, a 100°C, por 20 minutos. Após o resfriamento à temperatura ambiente, adicionou-se 1,3 mL de etanol 60% (v/v), completando o volume para 4,0 mL. Em seguida, a leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 570 nm, e os resultados foram expressos em μmol de aminoácidos g⁻¹ matéria fresca.

Quantificação de prolina

A determinação do teor de prolina foi feita baseada em metodologia descrita por Bates (1973). Para a obtenção do extrato, 0,2 g de tecido foliar foi macerado e homogeneizado em 6 mL de ácido sulfossalicílico 3 % (p/v). Após centrifugação (7500 rpm) por 10 min, 2 mL do extrato foram coletados e adicionados a 2 mL de solução ácida de ninhidrina (1,25 g de ninhidrina; 30 mL de ácido acético glacial; 20 mL de ácido fosfórico 6 M) e 2 mL de ácido acético glacial, em tubos de ensaio de 15 mL. As amostras foram incubadas a 100°C por 1 h e em seguida colocadas em gelo para paralisar a reação. À solução foram adicionados 4 mL de tolueno, seguindo de agitação por 20 s para a completa extração da prolina. O sobrenadante foi utilizado para a leitura em espectrofotômetro a 520 nm e as absorbâncias comparadas à curva-padrão de prolina (0 a 100 µg. mL⁻¹). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos expressos em micromol de prolina por grama de massa fresca (µmol g⁻¹ MF).

3.6 Análise estatística

Para análise estatística, os resultados foram testados, em relação à sua normalidade, no programa estatístico SPSS 15.0 (Statistical Package for Social Sciences), e em relação à sua homogeneidade, no programa estatístico ACTION (versão 2.5.197.344); posteriormente, foram submetidos à análise de variância através do teste F. Para estudo e interpretação das interações, foram feitos os desdobramentos até o nível 0,25 de probabilidade, seguindo recomendações de Percin e Cargnelutti Filho (2008). As médias dos desdobramentos das interações foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, para o fator qualitativo; para o fator quantitativo, utilizou-se estudo por regressão, com auxílio do programa SISVAR (versão 5.3) (FERREIRA, 2011).

Devido à existência de diferentes fatores que influenciam as características morfológicas e bioquímicas de plantas estressadas, a análise de componentes principais (ACP), que consiste numa técnica de análise multivariada, foi aplicada aos resultados das variáveis avaliadas, para obter uma transformação mais representativa e compacta das observações, permitindo visão mais ampla do fenômeno do que a abordagem univariada (MOITA NETO, 2006).

Para a interpretação dos dados, utilizando ACP, foram geradas matrizes de dados para as características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas, onde as linhas correspondem aos tratamentos e as colunas correspondem às variáveis.

Realizou-se a padronização das variáveis, em unidades Z, conforme a equação:

$$Z = (X - X_m)/s$$

Em que Z é o valor padronizado da variável; X, seu valor mensurado; X_m , a média da variável; e s, o respectivo desvio-padrão da amostra.

Na matriz de dados, foram realizados testes prévios de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett, para avaliar a adequação dos valores de entrada das variáveis para o modelo.

Selecionaram-se dois componentes principais derivados por rotação varimax, que é uma transformação ortogonal aplicada à matriz de cargas fatoriais (correlação entre os fatores e variáveis originais). Para a matriz de dados deste estudo, notou-se que a porcentagem da variância acumulada foi maior que 70%. Os fatores obtidos na ACP foram associados às amostras originais, estratificados e identificados por clones e concentração salina da solução. Todas as operações matemáticas e estatísticas, para ACP, foram realizadas com auxílio do programa SPSS 15.0 (Statistical Package for Social Sciences) e das planilhas eletrônicas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliações morfológicas

A análise de variância referente às características morfológicas (altura de plantas, diâmetro de colo, área foliar, massa seca de raiz, massa seca da parte aérea e relação massa seca parte aérea/raiz) e taxas de crescimento encontra-se no Apêndice A.

4.1.1 Altura de plantas e taxa de crescimento

Ao avaliar os dados experimentais de altura, aos 115 dias de tratamento (DT), observou-se que houve interação significativa entre as fontes de variação analisadas (clones x salinidade) (Tabela 1A). O aumento da salinidade promoveu redução deste parâmetro em todos os clones (Figura 2A).

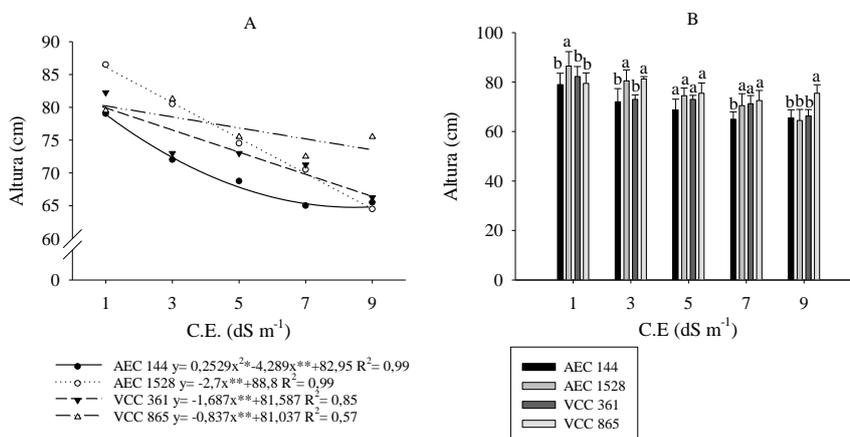


Figura 2. Altura de plantas de *Eucalyptus* spp. aos 115 DT, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

A menor redução percentual foi observada no clone VCC 865 (8,35%) seguido de VCC 361 (16,89%) e AEC 144 (17,23%). O maior decréscimo foi registrado no clone AEC 1528 (25,08%), quando se comparou os níveis 1 dS m⁻¹ e 9 dS m⁻¹. Entre os níveis salinos estudados, as menores alturas foram observadas na maior salinidade (9 dS m⁻¹) com exceção para o clone AEC 144, que mostrou comportamento quadrático, cuja menor altura (64,76 cm) foi observada na condutividade elétrica de 8,48 dS m⁻¹.

O estudo dos clones para cada concentração salina demonstrou que na salinidade 1 dS m⁻¹, a altura verificada no clone AEC 1528 (86,5 cm) foi superior à altura observada nos demais clones, sendo que AEC 144, VCC 361 e VCC 865 foram iguais (Figura 2B). Isso demonstra que, sob baixa salinidade, o crescimento inicial de AEC 1528 é superior ao dos demais clones.

Quando comparados na salinidade 3 dS m⁻¹, os clones VCC 865 (81,25 cm) e AEC 1528 (80,5 cm) foram iguais e apresentaram as maiores alturas. Na salinidade 7 dS m⁻¹, a altura observada no clone AEC 144 (65 cm) foi inferior à altura dos demais clones, sendo que AEC 1528, VCC 361 e VCC 865 foram iguais. O clone VCC 865 (75,5 cm) apresentou altura superior à dos demais clones, sob 9 dS m⁻¹. Na salinidade 5 dS m⁻¹, os clones não diferiram entre si.

Os efeitos da salinidade sobre o crescimento têm sido relatados em várias espécies de eucalipto. Mendonça e outros (2007) relataram que o aumento da salinidade interfere negativamente no crescimento inicial de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. robusta*, aos 75 dias após o início dos tratamentos, mas não interfere em *E. tereticornes* sob condutividade elétrica até 8,33 dS m⁻¹. Lopes e outros (2012) observaram que essa mesma condutividade elétrica não afeta a altura de plantas de *E. platyphylla* até 75 dias sob essa mesma salinidade. Souza e outros (2015a) verificaram que a

condutividade elétrica de 8 dS m⁻¹ não interfere no crescimento de *E. urophylla* até 30 dias de exposição à salinidade. Em *E. urograndis*, aos 30 dias após o início da exposição à salinidade, o seu crescimento é comprometido a partir de condutividade elétrica 4,5 dS m⁻¹ (LOPES e KLAR, 2009). Silva e outros (2012) também verificaram redução na altura de plantas de *E. saligna*, em cultivo hidropônico com 300 mM de NaCl.

Essa diversidade de comportamento demonstra a existência de uma variabilidade genética de *Eucalyptus* spp, quanto à tolerância à salinidade. Essas respostas são influenciadas não apenas por fatores como concentração da solução nutritiva, tempo de exposição à salinidade e espécie, mas também indicam que a tolerância pode ser diferenciada entre clones de uma mesma espécie.

Na literatura, os efeitos da salinidade na redução do crescimento de várias espécies têm sido constatados, como bananeira (SILVA JUNIOR e outros, 2012), *Moringa oleifera* Lam (OLIVEIRA e outros, 2013), *Pistacia vera* (HAJIBOLAND e outros, 2014) e *Cucurbita pepo* (HARTER e outros, 2014).

Em relação à taxa de crescimento absoluto (TCA), os clones começaram a diferir somente a partir de 45 DT (Tabela 2A). Observou-se que o clone AEC 1528, em todo o período experimental, esteve entre os clones que apresentaram as maiores médias de TCA, independentemente dos níveis de salinidade (Figura 3). Observou-se, também, que o clone AEC 144 apresentou médias estatisticamente semelhantes às de AEC 1528 no início e no fim do período experimental, demonstrando uma tendência de recuperação deste parâmetro na última avaliação, para todos os níveis salinos. Com isso, pode-se afirmar que o clone AEC 1528 possui maior capacidade para o incremento produtivo nas condições impostas pelo experimento. Adicionalmente, pode-se afirmar que, com o passar do tempo essa capacidade também pode ser atribuída ao clone AEC 144.

Provavelmente, a resposta desses clones ao estresse salino reflete na sua indicação para o cultivo em regiões com menor índice pluviométrico. Por outro lado, este resultado aponta para a necessidade de realização de novos estudos, nos quais os efeitos da salinidade sejam avaliados por um período mais prolongado, a fim de identificar se haverá, de fato, a inversão de médias das alturas entre os clones com o passar do tempo, tendo em vista que o clone VCC 865 apresentou a menor interferência na altura durante o período experimental, para os níveis de salinidade testados.

Ainda em relação à TCA, verificou-se interação entre os fatores apenas aos 45 ($p=0,09$), 60 ($p=0,06$) e 75 ($p=0,22$) DT (Tabela 2A). A salinidade interferiu negativamente na TCA apenas aos 45, 60 e 75 DT provocando redução significativa nas diferentes épocas (Figura 4). Observou-se que aos 45 dias a redução da TCA foi maior nos clones AEC 1528 (55,32%) e AEC 144 (54,69%), e menor em VCC 865 (26,91%), quando comparadas às condutividades elétricas 1 dS m^{-1} e 9 dS m^{-1} . Aos 60 DT, o clone AEC 144 (77,4%) foi o mais afetado, seguido de AEC 1528 (67,3%) e VCC 361 (66%). Aos 75 DT, a maior redução na TCA foi observada no clone AEC 1528 (47,7%) seguido de VCC 361 (44,8%).

O clone VCC 361 mostrou-se tolerante a alterações na taxa de crescimento absoluto por mais tempo que os demais clones. VCC 865 foi o único clone cuja taxa de crescimento absoluto foi influenciada pela salinidade em apenas uma época; os demais clones sofreram interferência em pelo menos duas épocas. AEC 1528 foi o clone mais sensível à salinidade, em relação à taxa de crescimento absoluto. A salinidade afetou inicialmente, em maior intensidade, os clones AEC 1528 e AEC 144, enquanto VCC 865 demonstrou razoável tolerância inicial. Entretanto, apesar de terem sido mais afetados no início, o clone AEC 1528 permaneceu a maior parte do período experimental registrando as maiores médias na taxa de crescimento absoluto, o que sinaliza maior potencial de crescimento deste genótipo, sob elevada salinidade.

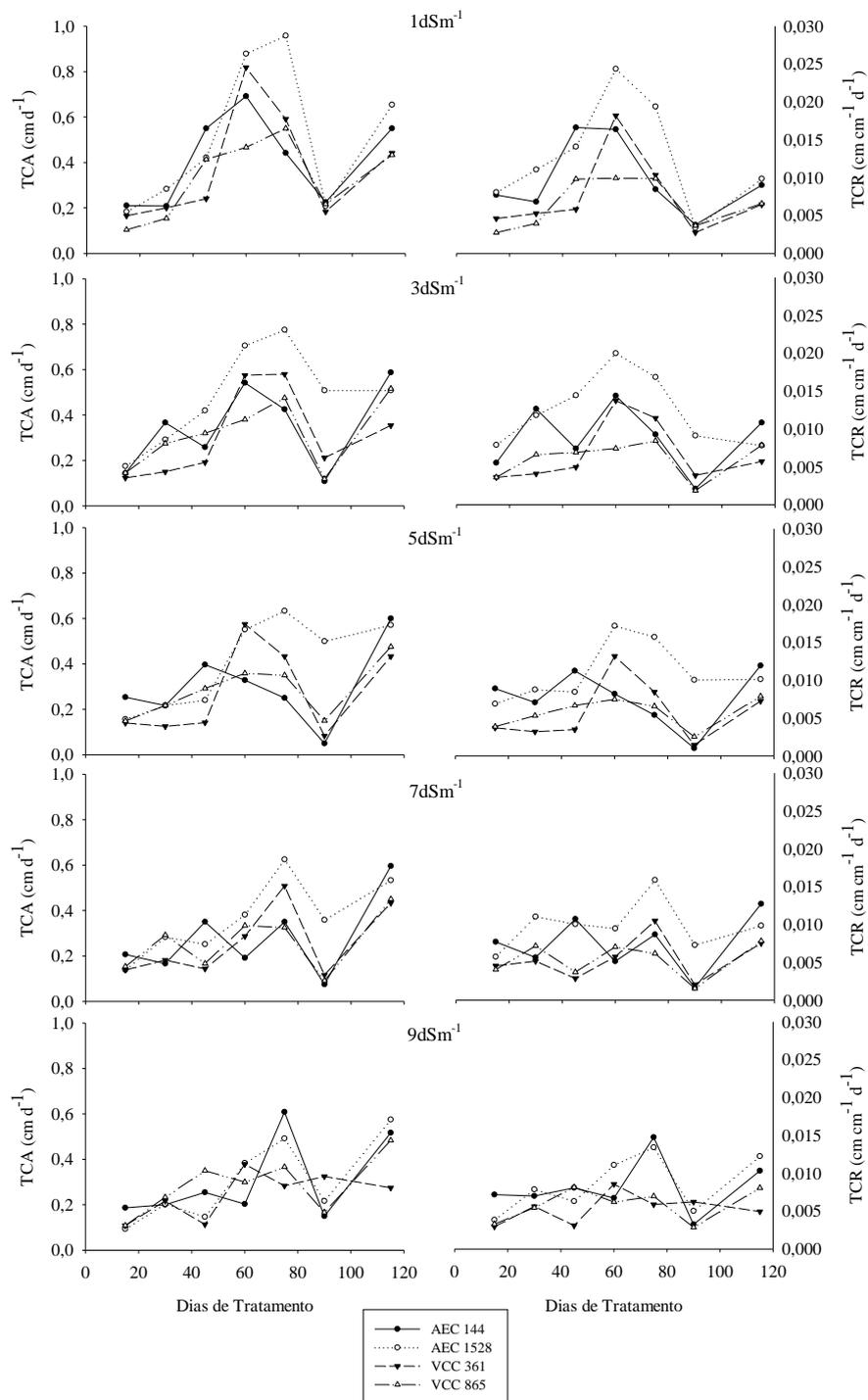


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, durante o período experimental.

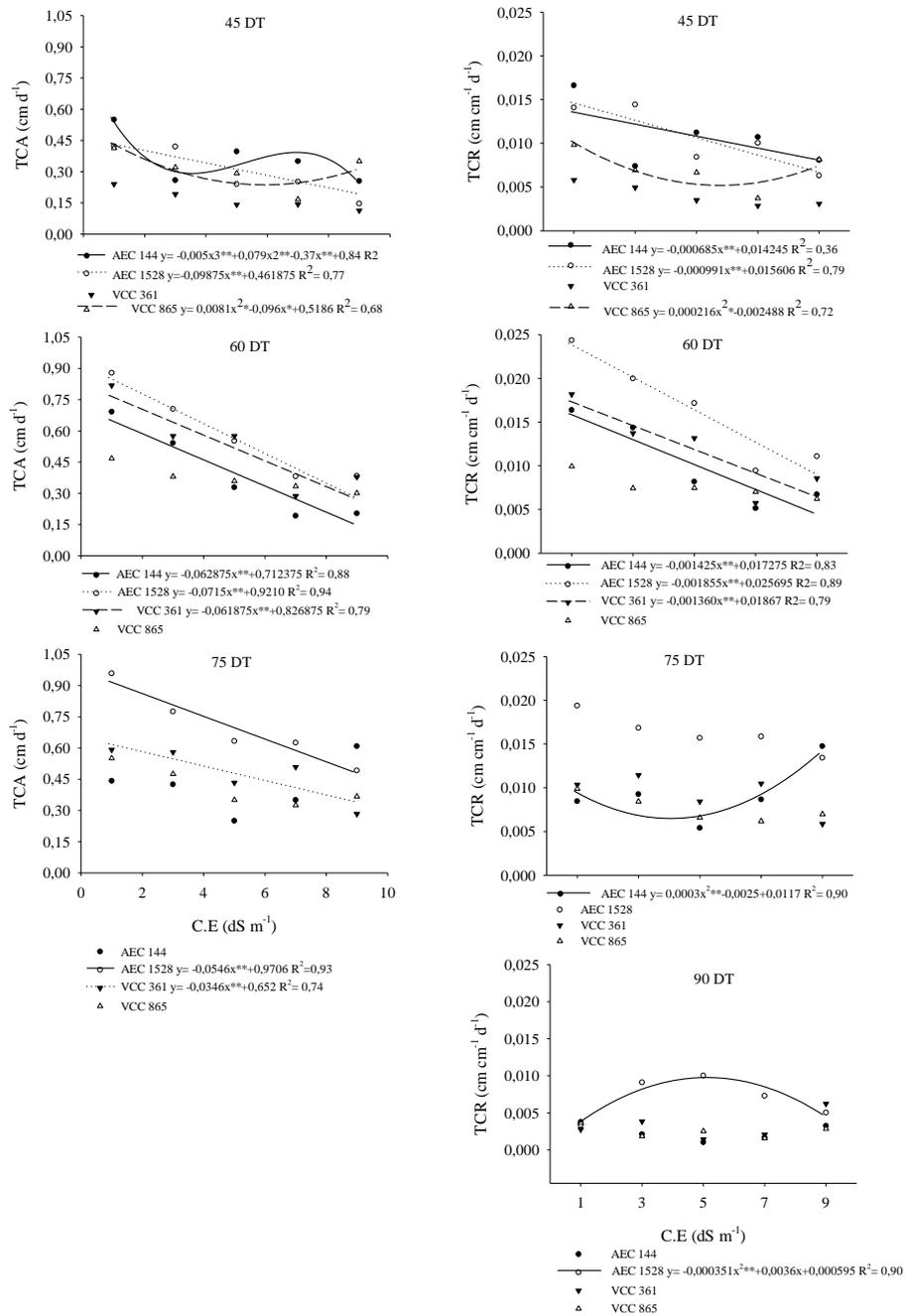


Figura 4. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de *Eucalyptus* spp. aos 45, 60, 75 e 90 DT, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas. C.E. = Condutividade Elétrica.

Em relação à taxa de crescimento relativo (TCR) observa-se que os clones AEC 144 e AEC 1528 apresentaram médias de TCR superiores aos demais até os 30 DT (Figura 3), e mesmo no período de interferência da salinidade (45-90 DT) observou-se que o clone AEC 1528 demonstrou maior capacidade produtiva, permanecendo com as maiores médias. Aos 105 DT, estes clones voltaram a apresentar médias estatisticamente superiores aos demais.

O período de interferência da salinidade, para a TCR, ocorreu entre os 45 e 90 DT (Tabela 3A), e os clones apresentaram comportamentos distintos em cada período de avaliação (Figura 4). Observou-se, ainda, que aos 45 e 60 DT a salinidade promoveu redução similar à ocorrida na TCA, afetando os mesmos clones em cada período, sendo que, aos 60 dias de exposição ao sal, a redução na TCR promovida pela salinidade foi mais pronunciada.

Silva Junior e outros (2012), estudando o crescimento de genótipos diploides de bananeira submetidos ao estresse salino, observaram redução da taxa de crescimento absoluto, com a elevação da concentração de NaCl. Em meloeiro, alguns estudos também mostraram que o aumento da salinidade reduz a taxa de crescimento absoluto no período de 35 a 45 dias (MEDEIROS e outros, 2007) e dos 21 aos 35 dias (GURGEL e outros, 2010).

A salinidade reduz o crescimento de plantas inicialmente na forma de estresse osmótico, que é então seguido de estresse iônico (RAHNAMA e outros, 2010). Entretanto, o estresse osmótico tem efeito imediato não apenas sobre o crescimento, como também apresenta maior efeito sobre a taxa de crescimento do que o estresse iônico, que se apresenta em fase posterior. O efeito osmótico, resultante das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, reduz os potenciais osmótico e hídrico da solução, promovendo alterações transitórias de água na planta e,

consequentemente, reduz a taxa de crescimento (MUNNS e outros, 1995; MUNNS, 2002). Isso se confirmou, no presente estudo, ao se observar os dados de potencial hídrico, que apresentaram redução, à medida que houve aumento da salinidade.

4.1.2 Diâmetro de colo

Aos 115 DT, não houve interação significativa entre as fontes de variação (Tabela 1A), entretanto, houve diferença significativa dentro dos fatores em estudo.

Quando se realizou o estudo do efeito da salinidade, verificou-se que o aumento da CE, até o nível de 9 dS m⁻¹, promoveu a redução de 84,3% no diâmetro de colo (Figura 5A) em todos os clones. Ao se estudar o comportamento dos clones em relação ao diâmetro de colo, observou-se que o clone AEC 1528 mostrou-se superior aos demais clones (Figura 5B).

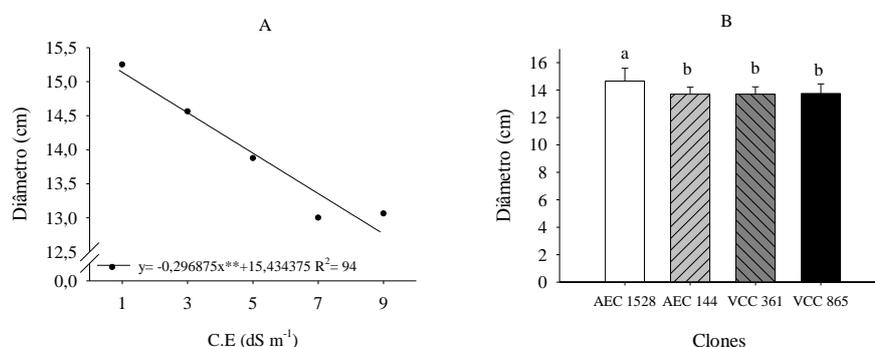


Figura 5. Diâmetro de colo em plantas de *Eucalyptus* spp., submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito da salinidade nos clones; (B) média dos clones. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

A redução do diâmetro de colo em função do aumento da salinidade também foi relatada em estudos com *E. camaldulensis*, *E. robusta* e *E. pellita* (MENDONÇA e outros, 2007); com *E. urophylla*, a partir de 30 dias de exposição à salinidade (LOPES e KLAR, 2009); e com *E. platyphylla* até o nível de 4,5 dS m⁻¹ (LOPES e outros, 2012). O mesmo comportamento tem sido relatado em estudos com outras culturas, tais como bananeira (SILVA JUNIOR e outros, 2012), *Moringa oleifera* Lam (OLIVEIRA e outros, 2013) e goiabeira (SOUZA e outros, 2015b). Entretanto, existem relatos de que o aumento da salinidade não interfere no diâmetro de colo em *E. tereticornis* até o nível de 8,33 dS m⁻¹ (MENDONÇA e outros, 2007) e *E. urophylla* até 8 dS m⁻¹ de C.E. (SOUZA e outros, 2015a).

O crescimento em altura e diâmetro de colo é um dos principais parâmetros de estimativa de sobrevivência no campo e produção em espécies lenhosas (GONÇALVES, 1992). No presente trabalho, verificou-se que a salinidade limitou o desempenho dessas duas variáveis, causando a sua redução. Entretanto, cabe ressaltar que a avaliação sobre a variável altura demonstrou ser mais eficiente em diferenciar os genótipos, em termos de resposta à salinidade, do que o diâmetro do colo.

Em geral, a inibição do crescimento das plantas induzida pela salinidade é consequência do efeito osmótico, que pode provocar o déficit hídrico, e/ou de efeito específico de íons, que podem acarretar toxidez ou desordem nutricional (MUNNS, 2002). A redução do crescimento das plantas submetidas ao estresse salino é uma resposta comum, especialmente em glicófitas (MEDEIROS e outros, 2007; SILVA e outros, 2008; ARAGÃO e outros, 2009).

4.1.3 Área foliar total

Aos 115 DT, verificou-se interação significativa, ao nível de 0,01 entre as fontes de variação analisadas (Tabela 1A), em relação à área foliar total. O aumento da salinidade promoveu redução significativa da área foliar em quase todos os clones, atuando de forma diferenciada em cada um (Figura 6A). Houve menor redução percentual no clone VCC 865 (18,3%), seguido de AEC 144 (26,08%); o maior decréscimo foi observado no clone VCC 361 (30,56%), quando foram comparados os níveis 1 e 9 dS m⁻¹.

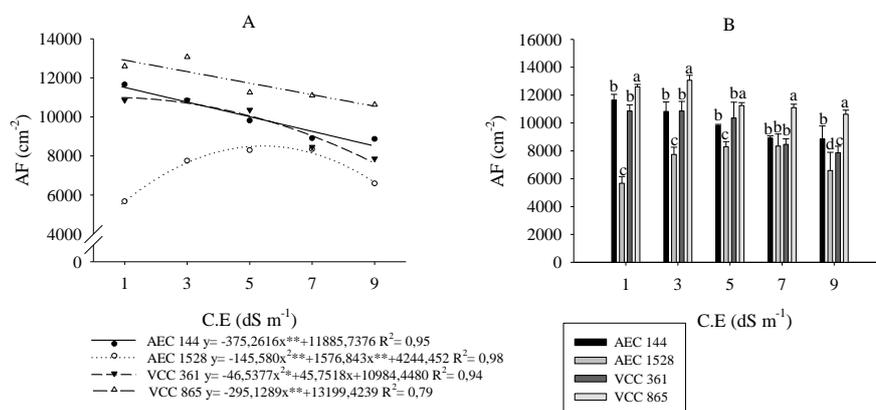


Figura 6. Área foliar total (AF) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Os clones VCC 361 e AEC 1528 apresentaram comportamento quadrático, no qual se observou a maior área foliar em 1 dS m⁻¹, para o clone VCC 361 (10.983,66 cm²), e em 5,4 dS m⁻¹, para o clone AEC 1528 com 8524,34 cm². A menor área foliar de AEC 1528 foi observada no nível 1 dS m⁻¹ com 5.675,72 cm². Este comportamento esteve diretamente relacionado à

queda de folhas, ocorrida apenas neste clone, e somente aos 100 DT, provocada pelo ataque de cercospora. Cabe ressaltar, ainda, que houve formação e desenvolvimento de folhas em todos os tratamentos e que a doença apresentou agressividade gradual, demonstrando correlação inversa com a salinidade e promovendo a queda de folhas apenas nos níveis 1 e 3 dS m⁻¹.

Verificou-se também diferença entre os clones, em relação a todas as concentrações salinas (Figura 6B). O clone VCC 865 apresentou a maior área foliar em todos os níveis salinos estudados. O clone AEC 1528 apresentou a menor área foliar em todos os níveis, não diferindo dos clones AEC 144 e VCC 361 na salinidade 7 dS m⁻¹.

A área foliar está relacionada com os principais processos fisiológicos das plantas, tais como a fotossíntese, transpiração e fluxo de carbono (GOMIDE e outros 2002; LEUNING e outros, 2005; CLEUGH e outros, 2007). A expansão da folha, expressa pela área foliar, é reduzida pela redução do potencial da água do meio como resultado de aumento da CE (TESTER e DAVENPORT, 2003).

A redução da área foliar em plantas sob estresse salino tem sido observada por outros autores (SILVA JUNIOR e outros, 2012; OLIVEIRA e outros 2013; HARTE e outros, 2014), e é provocada pela redução do alongamento e taxa de divisão celular em virtude de modificação na extensibilidade das paredes das células e, em alguns casos, podem ser comprometidas pela perda de água nas células (MUNNS, 2002), que, por sua vez, é causada pela dificuldade da planta em absorver água com potenciais muito negativos. O mesmo ocorre em condições de déficit hídrico (FERNANDES e outros, 2015).

Ionov e outros (2013), estudando o crescimento, desenvolvimento e produção de *Crambe abyssinica*, também identificaram redução de 30 a 45%

na área foliar de plantas irrigadas com água salina. Os mesmos autores relataram que após a ação do potencial osmótico na redução da área foliar um efeito específico do sal aparece como lesão nas folhas velhas, levando-as à morte. No presente trabalho observou-se o aparecimento de lesões apenas nas folhas do clone AEC 1528, na salinidade 9 dS m^{-1} aos 95 DT (Figuras 7A e 7B). Aos 113 DT (Figura 7C), as lesões já tinham proporções significativas da área foliar, demonstrando que neste nível de concentração de sais este genótipo não consegue excluir ou compartimentalizar os íons para controlar sua toxidez. O acúmulo de sais na zona da raiz além do nível de tolerância pode levar à inibição do crescimento, necrose foliar, senescência acelerada, murcha e morte (NEUMANN, 2011).



Figura 7. Lesões em folhas de eucalipto, clone AEC 1528, aos 95 (A, B) e 115 DT (C), provocadas por acúmulo de sais, quando cultivado em 9 dS m^{-1} .

A inabilidade das plantas para excluir o NaCl provoca injúria nas folhas mais velhas, uma vez que essas têm estado transpirando há mais tempo; com isso, as concentrações de Na⁺ e Cl⁻ nas folhas aumentam ao longo do tempo de exposição ao sal (WILLADINO e CAMARA, 2010). Em uma avaliação entre genótipos de bananeira diploide, após três semanas (21 dias) de cultivo com 50 ou 100 mM de NaCl na água de rega, os genótipos que apresentaram os maiores teores de Na⁺ no limbo foliar, com incrementos de aproximadamente 254,7% (50 mM) e 638,1% (100 mM) em relação à testemunha, exibiram sintomas de toxidez do NaCl, caracterizados como pequenas manchas ao longo do limbo foliar, inicialmente nas folhas mais velhas, evoluindo para um amarelecimento, queima das bordas e do ápice. Nesses genótipos, os elevados teores de Na⁺ e Cl⁻ no limbo coincidiram com uma significativa redução de área foliar a partir de 50 mM de NaCl (GOMES e outros, 2004).

Lopes e Klar (2009) relataram que a área foliar é a variável mais afetada com o aumento da salinidade em *E. urograndis*, e atribuíram esse efeito à redução da pressão de turgescência e extensibilidade da parede celular. O mesmo foi observado em *E. grandis* e *Pinus radiata* irrigados com efluente salino, nos quais se registrou uma redução de 26 % na área média das folhas de *E. grandis* sob a salinidade 6 dS m⁻¹ (MYERS e outros, 1998). Entretanto, isso não se confirmou no presente estudo.

A redução da taxa de crescimento foliar com o aumento da salinidade também foi verificada em *Papulus alba*, na qual se registrou necrose no genótipo OG, indicando sensibilidade deste clone para 10 dS m⁻¹ de CE (ABASSI e outros, 2014). Os autores atribuíram a redução da taxa de alongamento foliar à redução da pressão de turgescência ou à rigidez das paredes das células, resultante de estresse osmótico; e a necrose foi atribuída à alta absorção de cloreto. Divergindo desses relatos, Lopes e outros (2012) não observaram redução na área foliar de *E. platyphylla* em função do incremento de sal, até a condutividade 8,33 dS m⁻¹. O mesmo

comportamento foi verificado em *E. urophylla*, até o nível de 8 dS m⁻¹, por Souza e outros (2015a).

4.1.4 Massa seca da parte aérea (MSPA)

Os resultados mostraram que, em relação à MSPA, houve significância na interação dos fatores analisados a 0,01 (Tabela 4A). A salinidade promoveu redução significativa na MSF em todos os clones (Figura 8A).

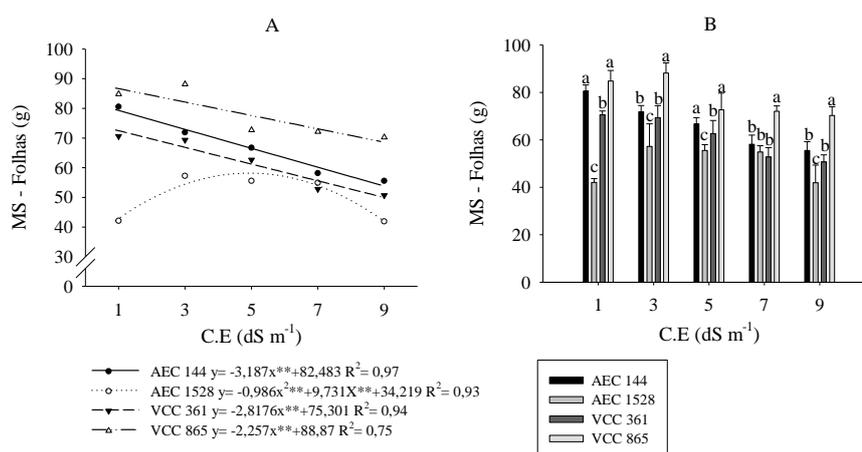


Figura 8. Massa seca de folhas de plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Como esperado, o comportamento das plantas em relação a este parâmetro foi similar ao que ocorreu com a AF. Os clones apresentaram redução linear de MSF, com exceção do AEC 1528, que apresentou comportamento quadrático, ocasionado pela queda de folhas nos níveis

iniciais de salinidade. Para esta variável, o clone AEC 144 apresentou 32,15% de redução, seguido de VCC 361 e VCC 865, com reduções de 31,09 e 20,84%, respectivamente.

Em relação ao comportamento dos clones em cada nível de salinidade, verificou-se que VCC 865 apresentou a maior MSF em todos os níveis, não diferindo de AEC 144 nos níveis 1 dS m⁻¹ e 5 dS m⁻¹ (Figura 8B). O clone AEC 1528 apresentou a menor MSF em todos os níveis, com exceção de 7 dS m⁻¹, no qual foi semelhante aos clones AEC 144 e VCC 361.

Para as variáveis MS-ramos e MS-fuste, não houve interação entre os fatores estudados (Tabela 4A). Entretanto, houve diferença significativa para os fatores isolados. A MS-ramos sofreu redução linear de 35,28% com o aumento da salinidade até o nível 9 dS m⁻¹ (Figura 9A). Os clones VCC 865 (26,77 g) e AEC 144 (26,39 g) apresentaram as maiores médias para esse parâmetro e não diferiram entre si, seguidos de VCC 361 e AEC 1528 com 22,36 g e 18,25 g, respectivamente (Figura 9B).

Quanto à massa seca do fuste, o comportamento das plantas em função do aumento da salinidade foi quadrático, com redução máxima de 43,47% no nível 9 dS m⁻¹ (Figura 9C). O clone VCC 865 apresentou a maior massa seca do fuste (18,95 g) (Figura 9D), e isso se relaciona ao fato de ter sido este o clone que apresentou a maior altura. Os demais clones não diferiram entre si.

Silva Junior e outros (2012) relataram diferença na massa seca do limbo foliar e pseudocaule em bananeira, em função da salinidade. Entretanto, genótipos de algodão não sofreram influência dessas variáveis pelo aumento da concentração salina do meio de cultivo (PEREIRA, 2012).

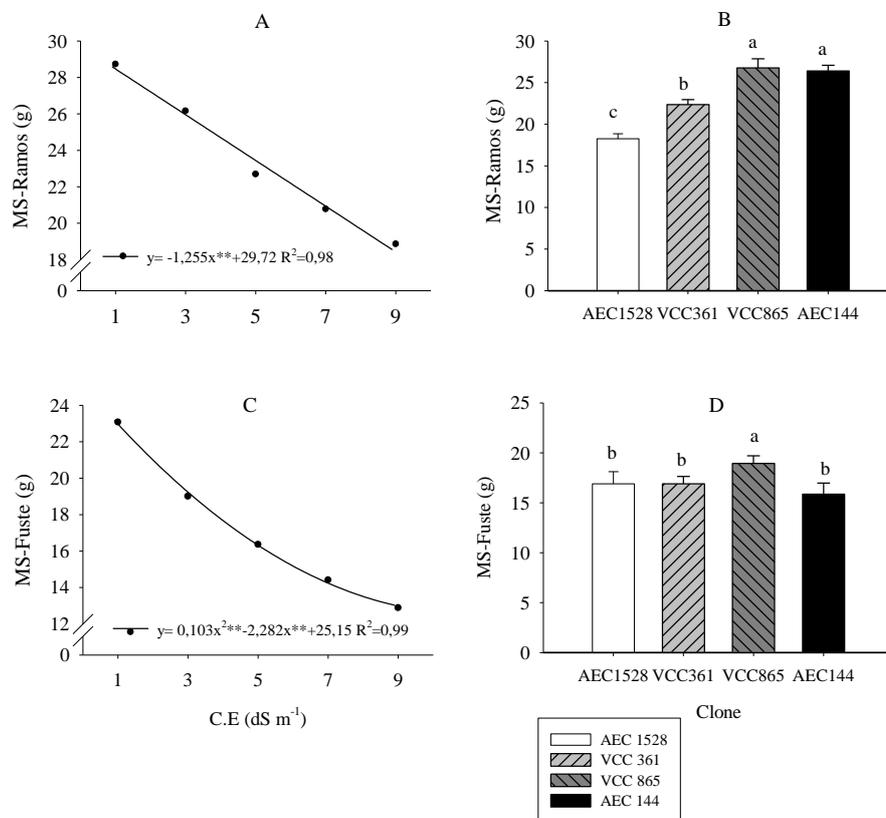


Figura 9. Massa seca de ramos (A, B) e fuste (C, D) de plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A, C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B, D) média dos clones. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Quando se avaliou a MSPA, verificou-se interação significativa em relação aos fatores estudados (Tabela 4A). O aumento da salinidade promoveu redução significativa da MSPA em todos os clones (Figura 10A). Assim como ocorreu com a MSF, apenas o clone AEC 1528 não apresentou comportamento linear. Os clones AEC 1528 e VCC 865 apresentaram as menores reduções de MSPA com valores de 26,68% e 27,28%,

respectivamente, seguidos de VCC 361 (32,96%) e AEC 144 (34,09%), quando comparados nos níveis 1 e 9 dS m⁻¹.

Ao observar o comportamento dos clones em cada nível de salinidade, verifica-se que o clone VCC 865 apresentou a maior MSPA em todos os níveis, não diferindo de AEC 144 a 1 dS m⁻¹ (Figura 10B). O clone AEC 1528 apresentou as menores médias em relação a este parâmetro, em todas as concentrações salinas, não diferindo de AEC 144 e VCC 361 no nível 7 dS m⁻¹.

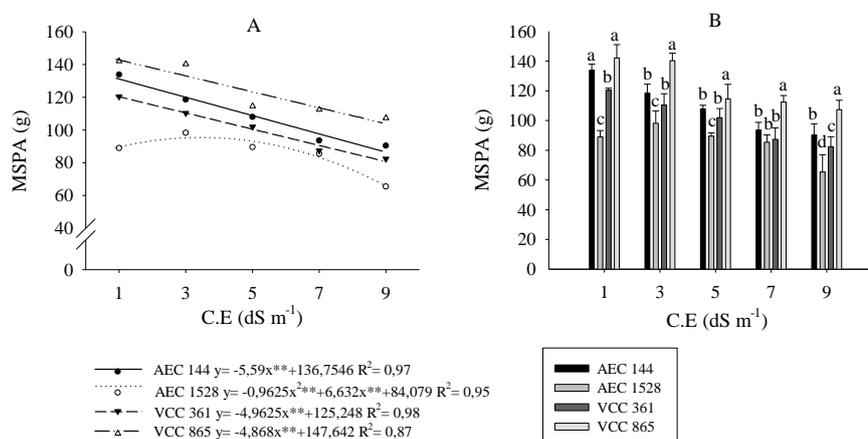


Figura 10. Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Eucalyptus* spp., submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Reduções na fitomassa seca de caule e folhas também foram observadas em híbridos de citrange por Brito e outros (2008), os quais verificaram redução de 11,96 a 13,25% na fitomassa seca do caule, enquanto

nas folhas o decréscimo foi de 6,33 a 11,21%, a cada 1 dS m⁻¹ de aumento na C.E da água. Os autores atribuíram a redução de fitomassa da parte aérea dessas plantas ao fluxo de seiva inorgânica e, conseqüentemente, ao efeito tóxico de íons.

Alguns estudos sobre os efeitos da salinidade em espécies de eucalipto têm identificado redução linear de MSPA em *E. camaldulensis* e *E. robusta* (MENDONÇA e outros, 2007), *E. urograndis* (LOPES e KLAR, 2009). Entretanto, em *E. tereticornis* (MENDONÇA e outros, 2007), *E. platyphylla* (LOPES e outros, 2012) e *E. saligna* (SILVA e outros, 2012) a MSPA não foi afetada pela salinidade, até o nível de 8,33 dS m⁻¹.

Em feijoeiros vigna submetidos à salinidade, o efeito osmótico dos sais no meio de cultivo, e acúmulo de íons potencialmente tóxicos nos tecidos foliares, como Na e K, também promovem redução na biomassa das plantas (COELHO, 2012). Segundo o autor, o menor crescimento do feijoeiro funciona como um mecanismo adaptativo ao ambiente salino, capaz de proporcionar condições para que a planta mantenha suas atividades vitais, mesmo que de forma limitada.

Quando se comparam os dados de MSPA e MSF, os resultados demonstram que as folhas são componentes de relevante participação na composição da massa de plantas de eucalipto na fase de crescimento inicial, sendo responsáveis por aproximadamente 60% do peso total da parte aérea, e que as mesmas aumentam a sua participação na composição da MSPA, com o aumento da salinidade em até 5,37%, como ocorreu com o clone VCC 865. Comportamento semelhante foi verificado por Grieve e outros (1999), ao estudarem os efeitos da salinidade em clones de *E. camaldulensis* e *E. rudis*.

No presente trabalho, o aumento da participação da massa das folhas na MSPA ocorreu porque a massa seca das folhas é menos afetada pela salinidade do que o fuste e ramos. Entretanto, a ação do sal em todos estes órgãos contribuiu para a redução da MSPA.

4.1.5 Massa seca do sistema radicial (MSR), relação MSPA/MSR e massa seca total (MS-total)

Para a massa seca de raiz (MSR), verificou-se interação entre os fatores a 0,25 (Tabela 4A). A salinidade afetou linearmente a MSR de todos os clones (Figura 11A).

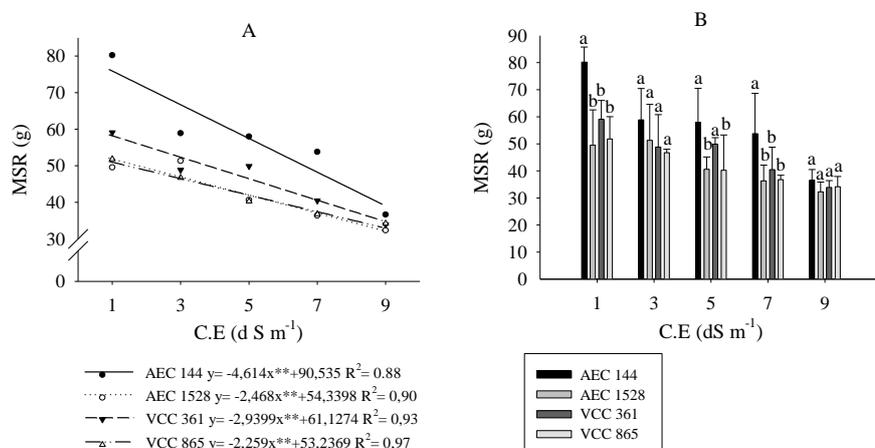


Figura 11. Massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Com o aumento da salinidade, o clone AEC 144 apresentou a maior redução (48,62%) em relação a este parâmetro, seguido de VCC 361 (40,42%) e AEC 1528 (38,07%). O clone VCC 865 apresentou a menor redução (35,46%) de MSR. Mesmo apresentando o maior decréscimo de MSR, o clone AEC 144 apresentou as maiores médias para este parâmetro, em todas as concentrações salinas, não diferindo dos demais clones em 3 e 9

dS m⁻¹ (Figura 11B). Os clones AEC 1528, VCC 361 e VCC 865 não diferiram em relação à MSR nas salinidades 1 e 7 dS m⁻¹.

Não houve interação entre as fontes de variação, quanto à relação MSPA/MSR (Tabela 4A). O aumento da salinidade promoveu aumento dessa relação em 16,24% (Figura 12A). O clone VCC 865 apresentou a maior relação MSPA/MSR (3,01), enquanto os demais clones não diferiram entre si (Figura 12B).

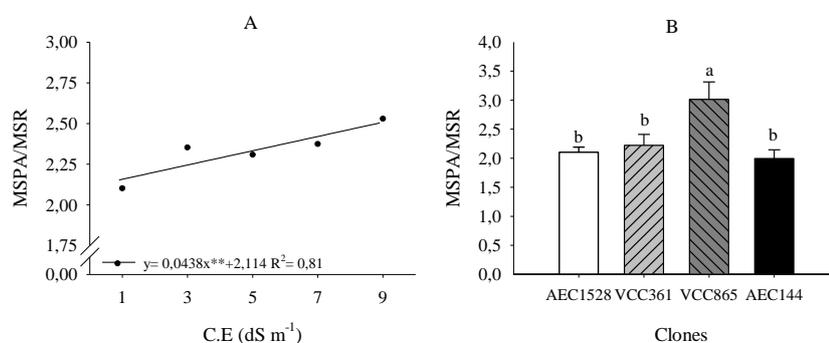


Figura 12. Relação MSPA/MSR em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Nasim e outros (2007) observaram a interação entre genótipos de eucalipto e salinidade, quando avaliaram a MSR, e verificaram a redução significativa deste parâmetro com o aumento da concentração de sal. A MSR também foi reduzida em plantas de *Acacia albida* e *A. salicina*, em função da elevação da condutividade elétrica (NASR e outros, 2013).

Nas raízes, assim como nas folhas, a redução do crescimento induzida pelo estresse salino ocorre inicialmente em consequência exclusiva de alterações nas relações hídricas da célula. Com o passar do tempo, ocorre

uma gradual recuperação da taxa de crescimento, até atingir um novo estágio de equilíbrio (MUNNS, 2002). Em plantas de berinjela, ocorre redução de MSR; entretanto, esta espécie mantém MSR e MSPA inalteradas até níveis de 6,03 dS m⁻¹, e isto é atribuído à sua capacidade de regular-se osmoticamente, por compartimentalização de íons ou produção de osmólitos compatíveis (BOSCO e outros, 2009).

A elevação na concentração de sais no substrato também promove redução da MSR em mudas de mamoeiro. Entretanto, a redução da MSPA é maior, indicando que, nessa espécie, MS-folhas é a variável mais afetada pela salinidade (SÁ e outros, 2013). O mesmo efeito foi verificado em tangerina Sunki Tropical (BRITO e outros, 2008).

No presente estudo, entretanto, a MSR foi mais afetada pela salinidade do que a MSPA. Resultados semelhantes são apresentados por Brito e outros (2008) em estudo realizado com variedades e híbridos de citrange. Segundo Silva e outros (2010), esta ocorrência pode ser atribuída ao fato de que, além de promover alterações no estado hídrico e consequente redução da taxa de crescimento, a exposição direta das raízes aos sais da solução pode comprometer a integridade da membrana, promovendo assim, redução da atividade metabólica das células deste órgão.

Em relação à MS-total, verificou-se que houve interação entre os fatores estudados ($p < 0,01$) (Tabela 4A). De modo geral, todos os clones apresentaram redução na MS-total quando foram comparados os níveis 1 e 9 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (C.E) (Figura13A). Houve menor redução percentual no clone AEC 144 (60,57 %), seguido de VCC 361 (64,6 %); o maior decréscimo foi observado no clone VCC 865 (70,56 %), quando foram comparados os níveis 1 e 9 dS m⁻¹. No clone AEC 1528, foi verificada redução de 67,9 % nos valores de MS-total a partir de 2,41 dS m⁻¹.

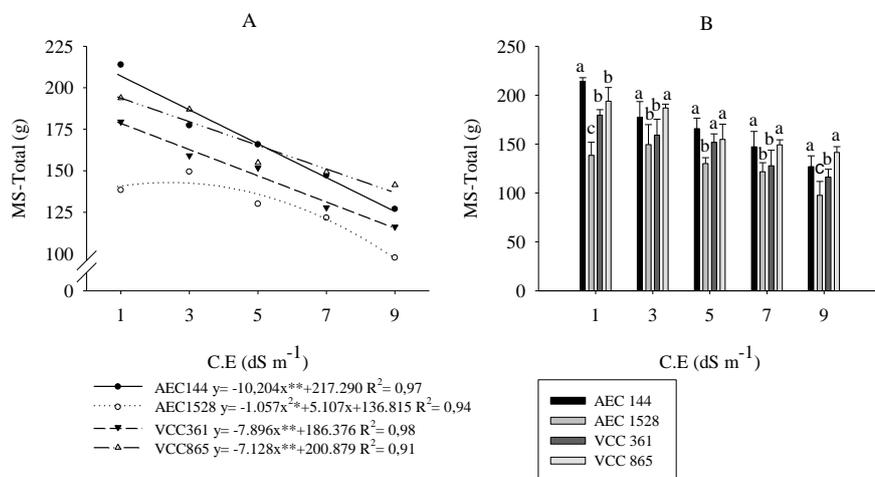


Figura 13. Massa seca total (MS-total) de plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Os clones AEC 144 e VCC 865 apresentaram as maiores médias de MS-total em todos os níveis de salinidade, exceto em 1 dS m⁻¹, no qual VCC 865 apresentou média estatisticamente inferior (Figura 13B). O clone AEC 1528 apresentou a menor média de MS-total nos níveis 1, 5 e 9 dS m⁻¹.

Brito e outros (2008) também verificaram que a salinidade interfere negativamente na produção de fitomassa seca total de variedades e híbridos de citrange usados para formação de porta enxertos. Esses autores ainda verificaram que a fitomassa seca total apresenta o maior grau de correlação com outras variáveis, sendo este um indicativo para o potencial uso dessa variável na avaliação dos efeitos do estresse salino nessas plantas.

Marcar e outros (1995) classificaram espécies nativas da Austrália quanto à tolerância à salinidade com base em informações de pesquisas

realizadas naquele país. As espécies foram classificadas em quatro grupos: levemente tolerantes, moderadamente tolerantes, tolerantes e extremamente tolerantes para plantas que suportam condutividades elétricas de 2-4, 4-8, 8-16 e >16 dS m⁻¹ no extrato de saturação, respectivamente. Esses autores ainda relatam que essas espécies, quando cultivadas nesses ambientes, podem reduzir o crescimento em até 25 %, quando comparado ao ambiente não salino. Estudos como esse têm viabilizado a atualização do banco de dados para classificação de espécies tolerantes pelo Departamento de Agricultura do Oeste da Austrália.

Avaliações de acúmulo de massa e taxa de crescimento em plantas lenhosas submetidas à salinidade, como as realizadas no presente trabalho, podem ser úteis para futuras iniciativas de classificação de tolerância dessas espécies com base nas características edafoclimáticas brasileiras. Comparando-se os dados de matéria seca total e levando-se em consideração um limite crítico de redução de 25 % no acúmulo de massa seca total, os genótipos aqui estudados, de acordo com os estudos de Marcar e outros (1995), poderiam ser classificados como moderadamente tolerantes.

4.1.6 Análise de componentes principais das variáveis morfológicas

Para complementar o estudo da influência da salinidade nas características morfológicas, realizou-se a análise de componentes principais. A Figura 14 mostra a distribuição dos tratamentos pelas variáveis estudadas, em relação aos componentes I e II.

Na Figura 14A, observa-se a formação de quatro grupos bem definidos, formados pelos tratamentos com os clones e na Figura 14B verifica-se a formação de cinco grupos formados pelos tratamentos com as concentrações salinas. Assim, ficou evidente que as características morfológicas influenciam na separação dos agrupamentos ao longo dos

componentes 1 e 2. A caracterização de tendências entre as variáveis é estudada nas Figuras 14C.

Na Figura 14A, observa-se ao longo do eixo da CP1 que as variáveis morfológicas MSPA, MS-Ramos, MS-Folha e AF influenciam diretamente os valores positivos, que são as variáveis que se correlacionam com os tratamentos dos clones.

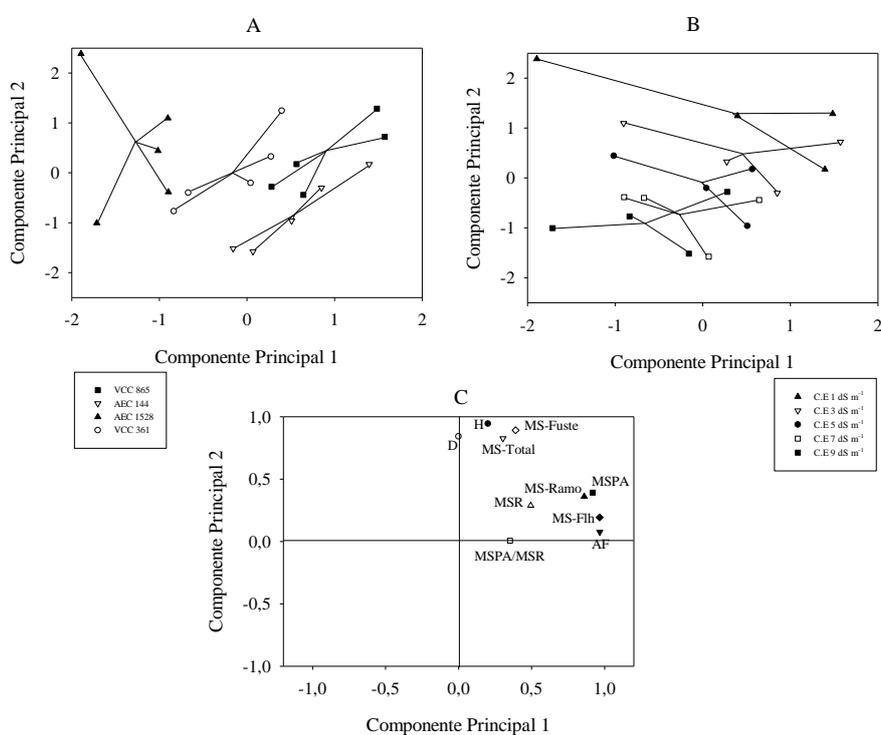


Figura 14. Análise de componentes principais para variáveis morfológicas H, D, MS-folha, MS-ramos, MS-fuste, MSPA, MSR, MS-total, MSPA/MSR e AF, de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas.

Na Figura 14B, observa-se ao longo do eixo CP2 que as variáveis morfológicas, tais como altura, diâmetro de colo, MS-Fuste e MS-Total influenciam diretamente os valores positivos, que são as variáveis que se correlacionam com os tratamentos de menor salinidade. Assim, quanto

menor a concentração salina, maiores serão os valores dessas variáveis. Dessa forma, o primeiro componente distingue os tratamentos em função dos clones, e o segundo componente está relacionado com as variáveis que são influenciadas pela concentração salina.

Na Figura 14C, observa-se, de modo geral, que os principais fatores afetados pela salinidade foram H, D, MS-fuste e MS-Total. As variáveis AF, MS-Folhas e MSR foram pouco afetadas e a MSPA/MSR não foi afetada pelo aumento na concentração de sais. Por conseguinte, os clones AEC 1528 e VCC 865 apresentam-se como mais resistentes à salinidade, ao conservarem o maior número de tratamentos correlacionados positivamente com as variáveis influenciadas pela salinidade. Contudo, verifica-se que os clones AEC 144 e VCC 865 apresentam as maiores correlações positivas com as variáveis MSPA, MS-folha, MS-ramos e AF. Já o clone AEC 1528 apresenta as maiores correlações inversas com essas variáveis, provavelmente devido à queda de folhas.

4.2 Avaliações fisiológicas

A análise de variância referente às características fisiológicas (potencial hídrico, teor relativo de água na folha, condutância estomática, transpiração, temperatura da folha, concentração interna de CO₂, clorofilas e carotenoides) encontra-se no Apêndice A.

4.2.1 Potencial hídrico foliar

Em relação ao potencial hídrico foliar (Ψ_w), verificou-se que houve interação entre os fatores testados a 0,01 (Tabela 5A). De modo geral, todos os clones apresentaram redução no Ψ_w quando foram comparados os níveis 1 e 9 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (C.E).

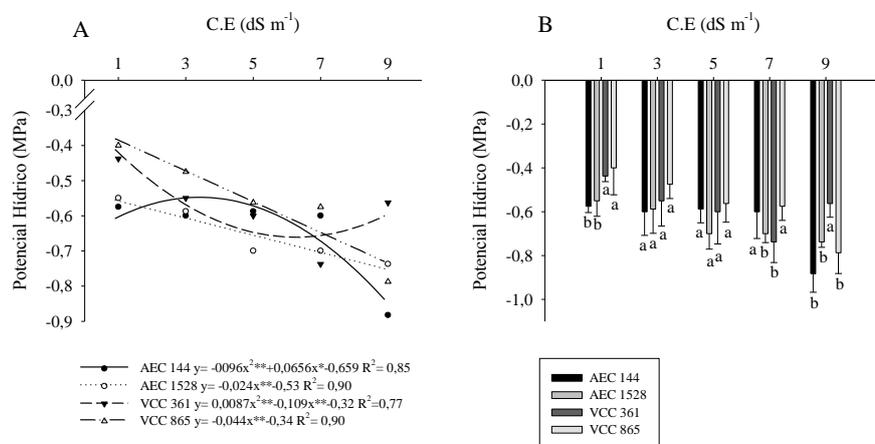


Figura 15. Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em plantas jovens de quatro clones de eucalipto, submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

O Ψ_w foi reduzido linearmente em função do aumento da salinidade, nos clones VCC 865 e AEC 1528, com reduções percentuais de 90,9 e 34,9 %, respectivamente (Figura 15A). O clone VCC 361 apresentou redução de Ψ_w até a salinidade 6,25 dS m⁻¹ (-0,66 MPa); No clone AEC 144 foi verificada redução de 52 % nos valores de Ψ_w a partir de 3 dS m⁻¹.

O clone VCC 865 apresentou os maiores valores de Ψ_w até 7 dS m⁻¹ (-0,40, -0,47, -0,56 e -0,57 MPa para 1, 3, 5 e 7 dS m⁻¹, respectivamente), não diferindo estatisticamente de VCC 361 (-0,44 MPa) em 1 dS m⁻¹, de AEC 144 (-0,60 MPa) em 7 dS m⁻¹, e dos demais em 3 e 5 dS m⁻¹ (Figura 15B). Na salinidade 9 dS m⁻¹ o clone VCC 361 apresentou potencial de -0,56 MPa, sendo estatisticamente superior aos demais, que não diferiram entre si.

O efeito da salinidade sobre a redução de Ψ_w tem sido relatado em estudos com várias espécies, como em plantas de amendoim (SANTOS e outros, 2012) e em *E. grandis* e *Pinus radiata* (MYERS e outros, 1998), sendo que, entre estas duas últimas, a redução é mais intensa em *E. grandis*.

O aumento da concentração de sais na solução promove a redução do potencial osmótico (Ψ_s) e, conseqüentemente, a redução de Ψ_w do solo. Como a absorção de água é dependente de uma diferença no gradiente de Ψ_w , essas mudanças podem atingir um nível em que as raízes das plantas não disponham de um gradiente de Ψ_w suficiente para absorver a água do solo, ou seja, a redução desses fatores pode limitar a absorção de água (PEREIRA, 2012). A redução do Ψ_w apresenta-se, em primeira instância, como consequência da redução do Ψ_s da solução do solo. Entretanto, esse comportamento também pode estar atrelado ao ajuste osmótico, como uma estratégia adaptativa das plantas que possibilita a hidratação dos tecidos vegetais. Dessa forma, retarda os processos deletérios causados pelo déficit hídrico, em função do aumento da concentração osmótica da solução do solo. Souza e outros (2011) relataram redução de Ψ_w em plantas de feijão caupi submetidas à salinidade de até 200 mmol L⁻¹ de NaCl, e identificaram ajustamento osmótico promovido pelo acúmulo de Cl⁻, verificando pequena participação de carboidratos e prolina no ajuste.

A redução do potencial hídrico pode causar redução no crescimento. Segundo o modelo desenvolvido por Munns (1993), que incorpora a resposta do crescimento da planta em duas fases à salinidade, o crescimento é inicialmente reduzido por uma diminuição no Ψ_w do solo (efeito do estresse osmótico) e, posteriormente, um efeito específico do sal aparece como lesão nas folhas velhas, que morrem por causa de um aumento rápido de sal em paredes celulares ou citoplasma, quando o vacúolo já não pode compartimentalizar os sais absorvidos. Segundo Munns e Tester (2008), o mecanismo que regula o crescimento da folha e desenvolvimento da parte aérea sob estresse não é conhecido com precisão, mas a redução no

crescimento da folha deve ser regulada por sinais de longa distância sob a forma de hormônios, como ácido abscísico ou os seus precursores.

4.2.2 Teor relativo de água

Em relação ao teor relativo de água na folha (TRA), houve interação entre os fatores a 0,05 (Tabela 5A). O aumento da concentração de sais não promoveu alterações significativas no TRA dos clones AEC 144, AEC 1528 e VCC 865. Entretanto, verificou-se que o clone VCC 361 apresentou tendência de redução no TRA em função da salinidade (Figura 16A).

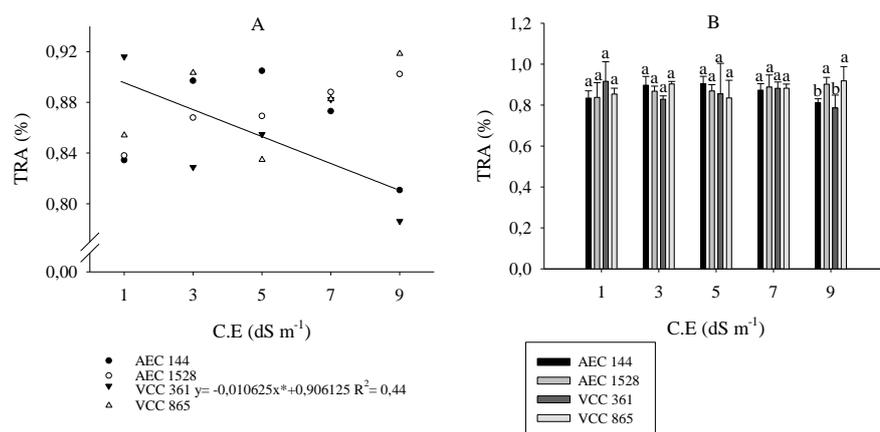


Figura 16. Teor relativo de água (TRA) em plantas jovens de quatro clones de *Eucalyptus* spp submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito da salinidade nos clones, (B) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Quando se avaliou o comportamento dos clones em cada nível de salinidade, observou-se que o TRA, em todos os genótipos, manteve-se sem alteração significativa até o nível 7 dS m⁻¹. Entretanto, em 9 dS m⁻¹, os clones VCC 865 e AEC 1528 apresentaram médias estatisticamente superiores aos demais, com 0,92 e 0,91 % de TRA, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Além disso, todos os clones apresentaram TRA maior que 78,5% (Figura 16B).

A manutenção do TRA, associada à redução do Ψ_w , sugere que ocorreu ajuste osmótico em todos os clones de eucalipto estudados. Em ambientes salinos, a planta precisa manter o Ψ_w intracelular abaixo do Ψ_w do solo, para permitir que as células absorvam a água necessária à continuidade do crescimento (MØLLER e TESTER, 2007). O ajustamento osmótico é um processo utilizado pelas plantas para diminuir o potencial hídrico a um patamar menor do que o do solo, com a finalidade de viabilizar a absorção de água, favorecendo a manutenção do turgor. Isto ocorre através do aumento do teor de solutos orgânicos e inorgânicos no interior da planta (WILLADINO e CAMARA, 2010).

O TRA expressa a quantidade de água da célula em relação ao observado na saturação e está associado ao Ψ_w por representar o grau de turgescência da célula. Segundo Echer e outros (2010), um decréscimo na turgescência pode causar o decréscimo na taxa de crescimento, sendo que pequenas diminuições no conteúdo de água e na turgescência podem reduzir a velocidade do crescimento ou até impedi-lo completamente.

Estudos realizados com *E. urophylla* indicam que níveis crescentes de concentração salina podem não alterar o TRA (LOPES e KLAR, 2009), embora esses resultados tenham sido atribuídos ao curto período de exposição e ao baixo nível de sais testado. Em plantas de feijão caupi, a salinidade não interferiu na umidade da folha até o nível de 12 dS m⁻¹, em solo franco-arenoso e franco-argiloso, devido ao ajustamento osmótico e à

redução da transpiração (COELHO, 2012). Ainda em relação ao feijoeiro caupi, Maia e outros (2012) relataram que os tratamentos salinos não afetam o estado de hídrico dos tecidos radiculares de duas cultivares por eles estudadas, considerando a manutenção do TRA, embora tenham reduzido o comprimento das raízes.

Silva e outros (2009a) observaram aumento no TRA e suculência da folha de pinhão-manso, além do incremento no teor de aminoácidos totais, prolina, Na^+ e Cl^- , quando estas plantas foram expostas a até 100 mmol L^{-1} de NaCl. Fernandes e outros (2015) verificaram que a redução do TRA causa redução do crescimento de clones de *Eucalyptus* spp. submetidos à deficiência hídrica. No presente estudo, a manutenção do TRA não foi suficiente para manter o crescimento das plantas, sugerindo o envolvimento de outros mecanismos no controle do crescimento das plantas. Segundo Munns (1993), mesmo com a recuperação do TRA das células, as taxas de alongamento e expansão celular são comprometidas, e que o crescimento de plantas nestas condições deve ser controlado por ação hormonal, desencadeada pelo estado da água no ambiente da raiz.

4.2.3 Trocas gasosas foliares

Os resultados demonstraram que não houve interação entre os fatores estudados ($p < 0,05$), em relação à condutância estomática (g_s) e à transpiração (E) (Tabela 5A).

Em relação à condutância estomática, verificou-se que apenas os clones diferiram entre si, sendo que o VCC 361 apresentou a maior condutância estomática (Figura 17A). Os demais clones não diferiram entre si. Estes resultados demonstram que não houve controle da transpiração pelo fechamento estomático.

Em relação à transpiração, os clones VCC 361, AEC 144 e AEC 1528 apresentaram as maiores médias de E , não diferindo entre si (Figura 17B).

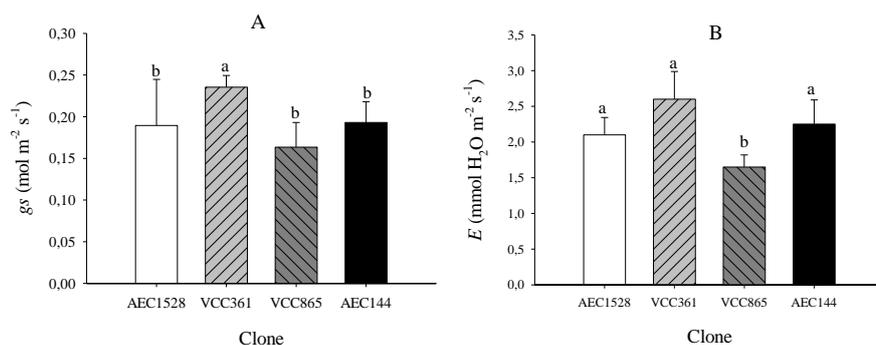


Figura 17. (A) Condutância estomática (g_s) e (B) transpiração (E) em plantas jovens de quatro clones de *Eucalyptus* spp, aos 115 DT. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Nas colunas, letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$).

Os dados relativos à eficiência do uso da água (A/E) e à eficiência de carboxilação (A/C_i) não foram significativos para nenhum dos fatores estudados (Tabela 6A). Entretanto, a concentração interna de CO_2 (C_i), a fotossíntese (A) (Tabela 5A) e a temperatura da folha (T_f) (Tabela 6A) apresentaram significância na interação. No desdobramento da interação, verificou-se que a T_f só foi influenciada pela salinidade no clone AEC 1528; contudo, o modelo de regressão gerado não atendeu aos requisitos estatísticos necessários.

O aumento da concentração de sais promoveu incremento na fotossíntese apenas do clone VCC 865 (Figura 18A). Os clones não diferiram entre si, quando estudados em cada nível de salinidade (Figura 18B). O aumento da salinidade promoveu incremento de C_i apenas no clone AEC 144 (Figura 18C). Houve diferença entre os clones apenas no nível 7

dS m^{-1} , no qual o clone VCC 865 apresentou média de C_i inferior à dos demais clones, que não diferiram entre si (Figura 18D).

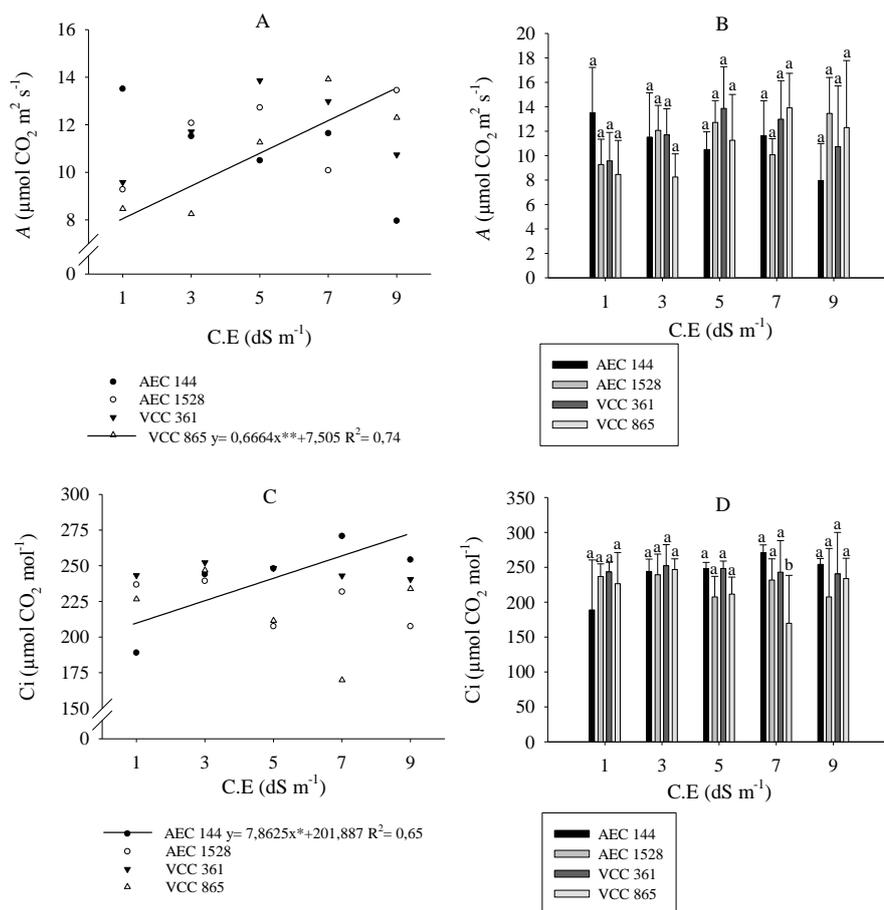


Figura 18. Fotossíntese (A) (A e B) e concentração interna de CO_2 (C_i) (C e D) em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Em relação às avaliações que envolvem as trocas gasosas, a resposta mais pronunciada das plantas à salinidade é a redução da condutância estomática (g_s). A salinidade afeta g_s imediatamente, por causa de perturbação nas relações hídricas e, depois, devido à síntese de ácido abscísico (ABA) (MUNNS e TESTER, 2008).

Myers e outros (1998), avaliando o efeito de efluentes salinos no desenvolvimento de *E. grandis* e *Pinus radiata*, verificaram que a transpiração em *E. grandis* não foi afetada pela salinidade, enquanto em *Pinus radiata* houve redução desta variável até a condutividade de 5 dS m⁻¹. Ionov e outros (2013) verificaram que não houve diferença na fotossíntese de plantas de *Crambe abyssinica* sob irrigação salina até o nível de 9 dS m⁻¹, e correlacionaram a manutenção da fotossíntese à estabilidade do teor de clorofila. Entretanto, esses autores observaram o aumento da transpiração, revelando que a cultura possui baixa eficiência no uso da água, em condição de estresse salino.

Hajiboland e outros (2014), avaliando o efeito da salinidade na fisiologia de folhas jovens e maduras de plântulas de pistache (*Pistacia vera*), verificaram redução na condutância estomática, em função da salinidade, a partir de seis semanas de exposição a 10 dS m⁻¹ de CE, em ambas as folhas. Entretanto, a transpiração só sofreu redução na 12^a semana, e apenas em folhas maduras.

A fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e a concentração interna de CO₂ são parâmetros complementares, que servem para diagnosticar alterações fisiológicas em plantas submetidas a condições adversas. Sob condições salinas, vários estudos têm registrado redução na fotossíntese, na transpiração, na condutância estomática e redução ou aumento na concentração interna de CO₂, a depender do nível ou do tipo de estresse a que a planta foi submetida (SCHMUTZ, 2000; MELONI e outros, 2003; STEPIEN e KLOBUS, 2006; ANDRADE JÚNIOR e outros, 2011).

Prazeres e outros (2015) verificaram reduções em fotossíntese, condutância estomática e transpiração, à medida que aumentava a salinidade, em cultivares de feijão caupi. Esses autores ainda verificaram reduções mais intensas em g_s e E , em função do aumento de doses de potássio, justificando um provável aumento do efeito osmótico devido ao índice salino da fonte usada (KCl). Andrade Junior e outros (2011) também verificaram redução na condutância estomática em plantas de melão, irrigadas com 5 dS m⁻¹, e identificaram que o aumento das doses de nitrogênio promove a não diferenciação da transpiração entre níveis salinos 0,3 e 5 dS m⁻¹.

A resposta fotossintética ao estresse salino é altamente complexa e envolve a interação de várias limitações na folha a níveis celulares. Vários componentes da fotossíntese, incluindo fotoquímica, difusão de CO₂ e atividade fotossintetizante de enzimas, podem ser diferencialmente influenciados pela adição de sal (HAJIBOLAND e outros, 2014).

A maior abertura dos estômatos favorece a entrada de CO₂ no mesófilo, aumentando sua concentração interna e, conseqüentemente, a fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013). No presente estudo, a salinidade até o nível de 9 dS m⁻¹ não interferiu nas trocas gasosas dos clones, indicando que plantas de eucalipto submetidas à salinidade não utilizam a regulação estomática como principal mecanismo de tolerância a essa forma de estresse.

4.2.4 Clorofilas e carotenoides

Os dados indicaram que houve significância na interação entre os fatores estudados, em relação ao teor de carotenoides (Tabela 6A). Na mesma Tabela, observa-se que o teor de clorofilas totais não é afetado por nenhum dos fatores em estudo.

Em relação aos carotenoides, houve interação entre os fatores (Tabela 5). No desdobramento do fator salinidade, verifica-se que apenas o clone AEC 1528 sofreu redução nos teores de carotenoides, com o aumento da salinidade (Figura 19A).

Os clones apresentaram diferença nos teores de carotenoides apenas no nível de salinidade 9 dS m⁻¹, no qual o clone AEC 1528 teve a menor média (Figura 19B).

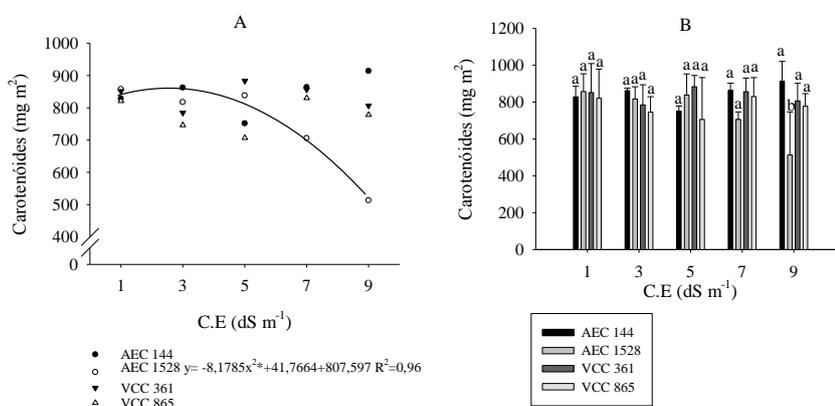


Figura 19. Teores de carotenoides (A e B) em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus* spp submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Em plantas submetidas à salinidade, decréscimos na concentração de clorofila podem ser atribuídos ao aumento da atividade da enzima clorofilase, que degrada a clorofila (LIMA e outros, 2004), e à redução da síntese de clorofila, em virtude da competição por nitrogênio com outros compostos, como prolina (IBARRA e MAITI, 1995). Reduções mais expressivas no teor de clorofila podem se constituir em mecanismo de

defesa, por reduzir a captação de energia luminosa e, conseqüentemente, diminuir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência de elétrons, reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio (BROSCHÉ e outros, 2010).

A redução do conteúdo de clorofila, em função do efeito da salinidade, é uma resposta frequente em várias espécies vegetais, entre elas rabanete (JAMIL e outros, 2007), morango (KARLIDAG e outros, 2009), pião manso (SILVA e outros, 2010) cana-de-açúcar (WILLADINO e outros, 2011), amendoim (SANTOS e outros, 2012), feijão caupi (NASCIMENTO e outros, 2012) e mamoeiro (SANTOS e outros, 2015).

A salinidade também influencia a degradação de clorofilas e carotenoides em plantas de arroz do cultivar Agrisul. Entretanto, o mesmo não se observa nos cultivares Formosa e Bojurú, nas mesmas condições (LIMA e outros, 2004). O estresse salino induz à degradação de β -caroteno e à menor formação de zeaxantina, causando decréscimo no teor de carotenoides, que são pigmentos aparentemente envolvidos na proteção contra a fotoinibição (SHARMA e HALL, 1991).

Mendonça e outros (2010) verificaram que mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, sob estresse salino, não apresentam redução no rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) nem do teor de clorofilas. Contudo, segundo esses autores, mudas de *E. pellita*, ao contrário, reduzem o teor de clorofilas a partir de condutividade elétrica 6,6 dS m⁻¹.

4.2.5 Análise de componentes principais das variáveis fisiológicas

Para complementar o estudo da influência da salinidade nas características morfológicas, realizou-se a análise de componentes

principais. A Figura 20 mostra a distribuição dos tratamentos pelas variáveis estudadas, em relação aos componentes I e II.

Quando analisadas as variáveis fisiológicas, observa-se que os tratamentos com os fatores clone (Figura 20A) e salinidade (Figura 20B) encontram-se dispersos, não sendo possível identificar um agrupamento ou correlação clara, entre estes fatores e as componentes principais 1 e 2. Dessa forma, observa-se que a tendência das variáveis caracterizadas na Figura 20C não foi influenciada pelos fatores clone ou salinidade.

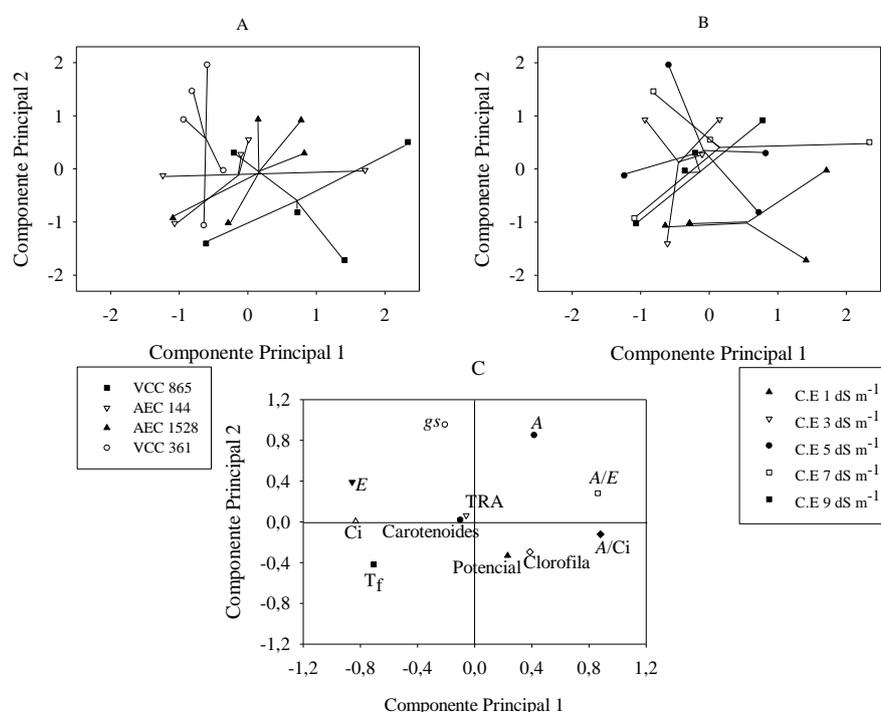


Figura 20. Análise de componentes principais para variáveis fisiológicas *A*, *E*, *gs*, *Ci*, *Tf*, *A/E*, *A/Ci*, *TRA*, clorofila, carotenoides e potencial hídrico de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas.

Baseado nesses parâmetros, verifica-se que não é possível fazer distinção entre os clones, corroborando os dados verificados na análise

univariada para as variáveis TRA, clorofila e carotenoides, que não apresentaram diferença significativa. Ainda foi possível observar que as variáveis E e T_f se correlacionaram inversamente com as variáveis A/E e A/C_i , demonstrando que as maiores médias de E e T_f podem promover tratamentos com menor eficiência do uso da água e reduzida eficiência de caboxilação.

4.3 Avaliações bioquímicas

A análise de variância referente às características morfológicas (açúcares solúveis totais, açúcares redutores, aminoácidos livres e prolina) encontra-se no Apêndice A.

4.3.1 Açúcares solúveis totais

Os resultados demonstram que houve interação entre os fatores, em relação a açúcares solúveis totais em folhas (AST-folhas) e em raízes (AST-raiz) (Tabela 7A).

Com o aumento da concentração salina, verificou-se redução significativa de AST-folhas nos clones, exceto em VCC 865 (Figura 21A). Apenas em VCC 361 houve redução (de 37,6%), com comportamento linear. Os clones AEC 144 e AEC 1528 apresentaram comportamento quadrático, com reduções máximas em 6,49 e 5,43 dS m^{-1} , cujos valores de AST foram 267,85 e 207,96 ($\text{mmol g}^{-1} \text{MS}$), respectivamente.

Os clones diferiram entre si em 5 dS m^{-1} , no qual AEC 144 e AEC 1528 apresentaram as menores médias (235,73 e 223,70 $\text{mmol g}^{-1} \text{MS}$), não diferindo estatisticamente (Figura 21B). Já em 7 dS m^{-1} , AEC 1528

apresentou a menor média (173,21 mmol g⁻¹ MS). Nos demais níveis de salinidade, não houve diferença significativa entre os clones.

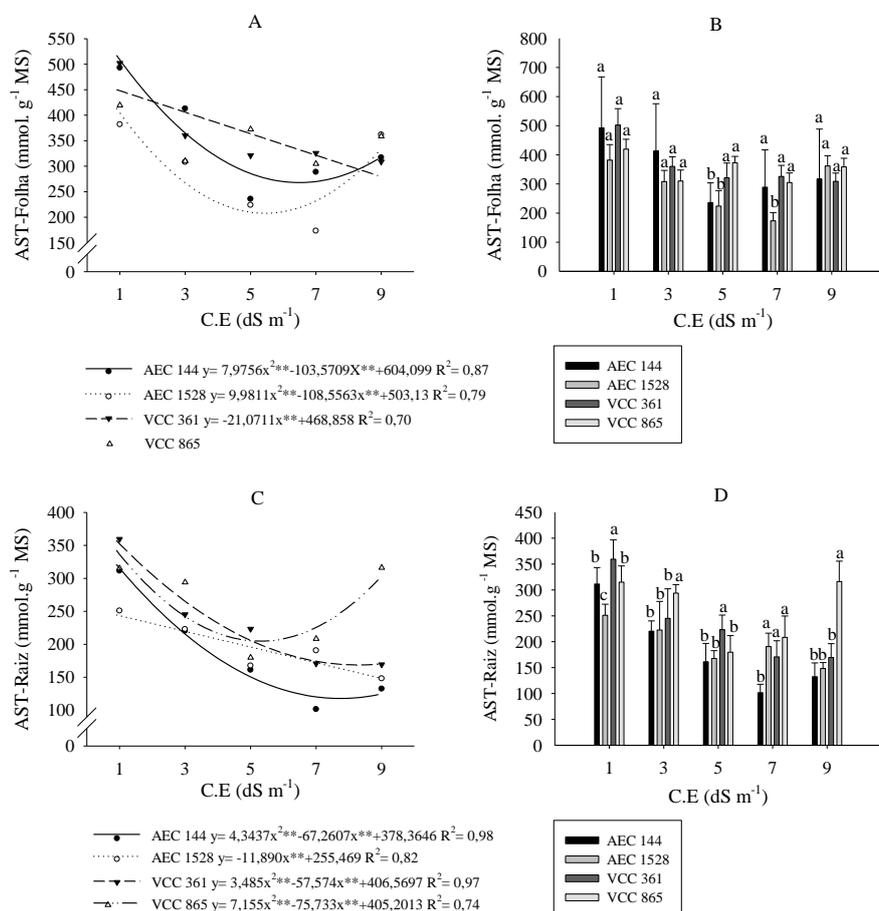


Figura 21. Teores de açúcares solúveis totais (AST) em folhas (A e B) e raízes (C e D) de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

O aumento da concentração salina reduziu AST nas raízes, em todos os clones (Figura 21C). As maiores reduções foram verificadas no clone

AEC 144 (62,6%), na salinidade 7,74 dS m⁻¹; em VCC 361 (52,14%), na salinidade 8,2 dS m⁻¹; em VCC 865 (39,16%), na salinidade 5,29 dS m⁻¹; e em AEC 1528 (39,05%), na salinidade 9 dS m⁻¹.

Analisando-se os níveis salinos, o clone VCC 865 apresentou as maiores médias de AST nas raízes nos níveis 3, 7 e 9 dS m⁻¹ não diferindo de AEC 1528 e VCC 361 em 7 dS m⁻¹ (Figura 21D). AEC 1528 apresentou a menor média em 1 dS m⁻¹ (250,97 mmol g⁻¹ MS) e AEC 144 em 7 dS m⁻¹ (101,63 mmol g⁻¹ MS).

De modo geral, os teores de AST decresceram em folhas e raízes, com o aumento da salinidade. Resultados semelhantes foram encontrados em plantas de batata (SASIKALA e outros, 1994), mandioca cultivada *in vitro* (LIMA e outros, 1998) e cajueiro (FERREIRA-SILVA, 2008). Em pinhão-manso (SILVA e outros, 2009a), a contribuição desses solutos para o ajustamento osmótico foi de apenas 5,5% em plantas sob estresse salino. Em sorgo forrageiro, o teor de AST não é alterado significativamente em função do aumento da salinidade, e o ajustamento osmótico é realizado pelo acúmulo de outros compostos orgânicos, como proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina (OLIVEIRA e outros, 2006). Resultados semelhantes foram observados em abacaxi ornamental (MENDES e outros, 2011).

Para determinar a tolerância da cultura à salinidade, um dos métodos utilizados é a verificação da capacidade de ajustamento osmótico da planta (ARAÚJO e outros, 2006; SILVA e outros, 2009a), que se baseia na redução do Ψ_s , causada pelo acúmulo de açúcares solúveis, aminoácidos e íons inorgânicos no vacúolo.

Zheng e outros (2008), estudando a aplicação de KNO₃ para reduzir os efeitos do estresse salino em dois cultivares de trigo, verificaram que o aumento da salinidade promove o aumento de AST em folhas e raízes, como fator de regulação osmótica em resposta ao estresse salino. Segundo esses

autores, quando as plantas são expostas a NaCl 100 mM e níveis de KNO₃ acima de 11 mM, ocorre redução nos teores de AST. Comportamentos semelhantes, em resposta à salinidade, foram observados em plantas de feijão vigna (COELHO, 2012) e *Stevia rebaudiana* (RATHORE e outros, 2014).

Segundo Sánchez e outros (1998), não é possível saber a real contribuição de açúcares ao ajustamento osmótico durante o estresse salino, sem o conhecimento da proporção entre monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos. Por outro lado, Ashraf e Harris (2004) afirmaram que o papel dos açúcares na adaptação de plantas às condições salinas é insuficiente para a definição de espécies que apresentam tolerância ao sal, em razão das variações interespecíficas e intraespecíficas, que são evidentes para estes compostos.

O acúmulo de solutos compatíveis no citoplasma é considerado como um mecanismo que contribui para a tolerância à salinidade (MUNNS e outros, 2002). No presente estudo os AST não se apresentam, em primeiro plano, como promotores do ajustamento osmótico e indutores de tolerância ao estresse salino. Entretanto, o aumento destes solutos em níveis elevados de salinidade, nos clones AEC 144 e AEC 1528, demonstra que as plantas tendem a lançar mão desses compostos para auxiliar na manutenção de sua sobrevivência.

4.3.2 Açúcares redutores

Os dados referentes a açúcares redutores (AR) indicam que houve interação entre os fatores estudados (Tabela 7A). O aumento da salinidade interferiu nas concentrações de AR-folha em AEC 144 e VCC 361 (Figura 22A). Entretanto, como a regressão para este último clone não se enquadrou

nos requisitos da estatística, apenas a equação de AEC 144 está representada nessa figura. O menor valor de AR-folha no clone AEC 144 foi verificado na salinidade 5,16 dS m⁻¹.

Os clones não diferiram entre si em 3 e 7 dS m⁻¹. No nível 1 dS m⁻¹, AEC 144 e VCC 361 apresentaram maiores teores de AR-folha, com 0,57 e 0,52 mmol g⁻¹ MS (Figura 22B). Na salinidade 5 dS m⁻¹, VCC 361 (0,55 mmol g⁻¹ MS) e VCC 865 (0,45 mmol g⁻¹ MS) apresentaram os maiores valores. Já na salinidade 9 dS m⁻¹, VCC 361 registrou a maior média com 0,62 mmol g⁻¹ MS.

O aumento da salinidade reduziu os teores de AR-raiz em todos os clones, sendo que apenas VCC 865 apresentou comportamento quadrático (Figura 22C). A maior redução foi registrada no clone AEC 144 (59%), seguido de VCC 361 (43%) e AEC 1528 (40%). No clone VCC 865, a maior redução (29%) se deu no nível 6 dS m⁻¹.

Os clones não diferiram entre si em 3, 5 e 7 dS m⁻¹ (Figura 22D). Na salinidade 1 dS m⁻¹, AEC 144 foi o clone que apresentou o maior teor de AR-raiz (0,177 mmol g⁻¹ MS); na salinidade 9 dS m⁻¹, foi o clone VCC 865 (0,132 mmol g⁻¹ MS).

A acumulação de compostos orgânicos osmoticamente compatíveis em condições de estresse reflete a capacidade de algumas espécies se ajustarem osmoticamente a condições adversas. Entretanto, a salinidade pode causar um desequilíbrio entre os teores de carboidratos e compostos nitrogenados (SILVA e outros, 2010). Em geral, há redução dos níveis de sacarose e aumento do conteúdo de AR, enquanto o conteúdo de amido pode aumentar ou diminuir, a depender da espécie (PAUL e FOYER, 2001).

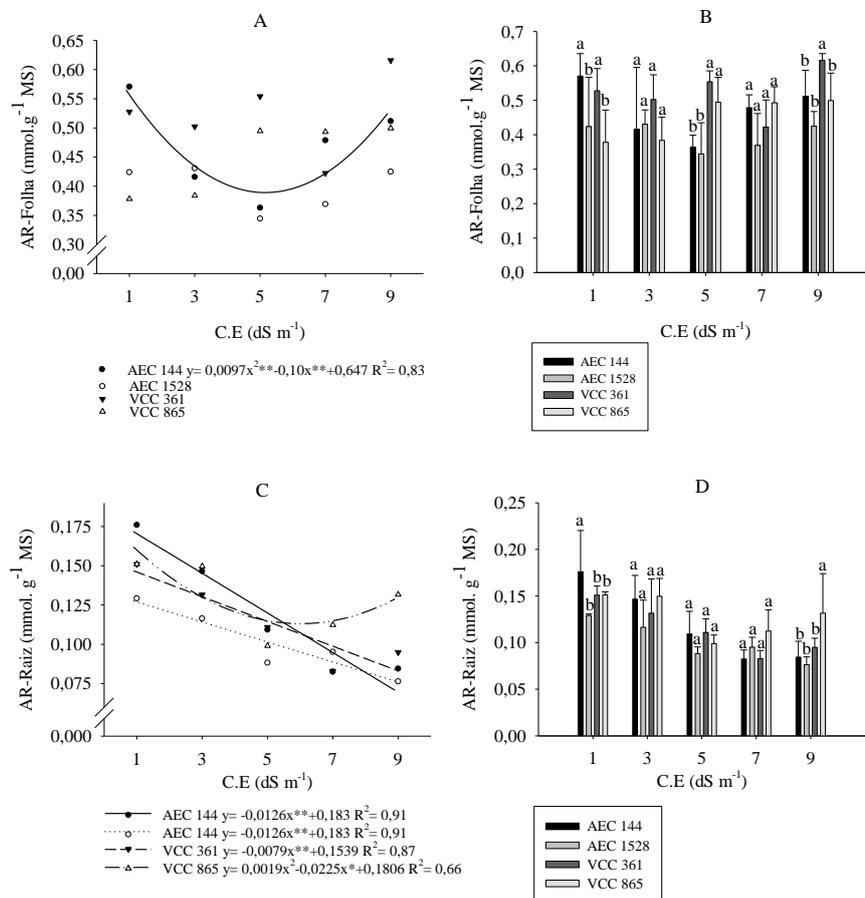


Figura 22. Teores de açúcares redutores em folhas (A e B) e raízes (C e D) de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas, aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones; (B e D) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

Os dados de AR-folha demonstram que a redução dos AST-folha pode ter sido causada por menor produção de sacarose. Como não houve redução das funções fotossintéticas da planta, é provável que a síntese de glicose e frutose tenha sido mantida em níveis normais. O acúmulo de sais

nas folhas pode ter ocasionado a redução da atividade de enzimas de síntese de sacarose, como sacarose-P sintase (SPS) e sacarose-P fosfatase (SPP). Esse comportamento foi observado em cultivares de trigo, nos quais a salinidade pode ter causado danos às enzimas responsáveis pela síntese de sacarose no citosol, promovendo acúmulo de grãos de amido nos cloroplastos (SALAMA e outros, 1994). Estas enzimas são também reguladas pela concentração de fósforo, que seria afetada pelo estresse salino (GARCIA e outros, 2005, TAIZ e ZEIGER, 2013).

O acúmulo de AR, em resposta ao aumento da salinidade, tem sido observado em estudos com diversas espécies, como em trigo (KEREPESI e GALIBA, 2000), pinhão manso (SOUSA e outros, 2012) e angico (RAMOS e outros, 2014). Reduções nos teores de sacarose também foram relatadas em estudos com cultivares de trigo, associadas a aumento do teor de amido (SILVA e outros, 2008); e em sorgo, independentemente das proporções de NH_4^+ / NO_3^- na adubação (LOBO e outros, 2011).

Aminoácidos e carboidratos solúveis são considerados os principais solutos orgânicos para o ajuste osmótico de plantas submetidas a estresses hídrico e salino (LACERDA e outros, 2001; AZEVEDO-NETO e outros, 2004). Além desses solutos, alguns carboidratos solúveis (glicose, frutose, sacarose e frutanos) e amido também podem ser acumulados nessas condições (PARIDA e outros, 2002). Os solutos orgânicos podem concentrar-se distintamente em diferentes partes da planta, e cada um deles apresentar um efeito fisiológico diferente, ou seja, enquanto alguns podem proteger enzimas e estruturas em órgãos específicos, outros podem contribuir para o balanço osmótico parcial da planta, evitando o acúmulo de solutos inorgânicos (GARCIA e outros, 1997).

Com base nos dados de AST e AR, pode-se inferir que houve redução dos teores de sacarose nas folhas. Como consequência, pode ter ocorrido o comprometimento do fornecimento de carboidratos para as raízes,

resultando na redução de AST para esse órgão. O suprimento insuficiente desse dissacarídeo para as raízes pode ter sido a causa para a redução da atividade das enzimas de degradação de sacarose nesse órgão, o que pode explicar a diminuição dos teores de AR, comprometendo o crescimento das raízes.

4.3.3 Aminoácidos totais e prolina

Os dados indicam que houve interação entre os fatores, em relação aos teores de aminoácidos livres (AA) (Tabela 7A). O aumento da salinidade reduziu os teores de AA nos clones, exceto em AEC 144 (Figura 23A), cujos teores não foram alterados. Os clones AEC 1528 e VCC 361 apresentaram comportamento quadrático, com reduções mais expressivas nos níveis 6,93 e 6,45 dS m⁻¹, no qual os teores de AA foram 0,71 e 0,57 μmol g⁻¹ MF, respectivamente. No clone VCC 865, o maior decréscimo (33,98%) ocorreu na salinidade 9 dS m⁻¹.

Na salinidade 1 dS m⁻¹, os teores de AA dos clones AEC 1528 e VCC 361 foram superiores aos dos demais clones (Figura 23B). A média do clone AEC 1528 na salinidade 7 dS m⁻¹ foi maior que a dos demais clones. Em 9 dS m⁻¹, o clone VCC 865 foi inferior aos demais clones. Não houve diferença significativa entre os clones, nas salinidades 5 e 7 dS m⁻¹.

Referindo-se aos teores de prolina, houve significância na interação, sendo que o clone AEC 1528 foi o único no qual se verificou que o aumento da salinidade causou redução de 23,36 % no teor desse aminoácido (Figura 23C). Avaliando-se o comportamento dos clones em cada nível de salinidade, constatou-se que o teor de prolina nesse clone foi maior do que o dos demais clones, em 1 e 2 dS m⁻¹ (Figura 23D). Nos demais níveis de salinidade, os clones não apresentaram diferença significativa.

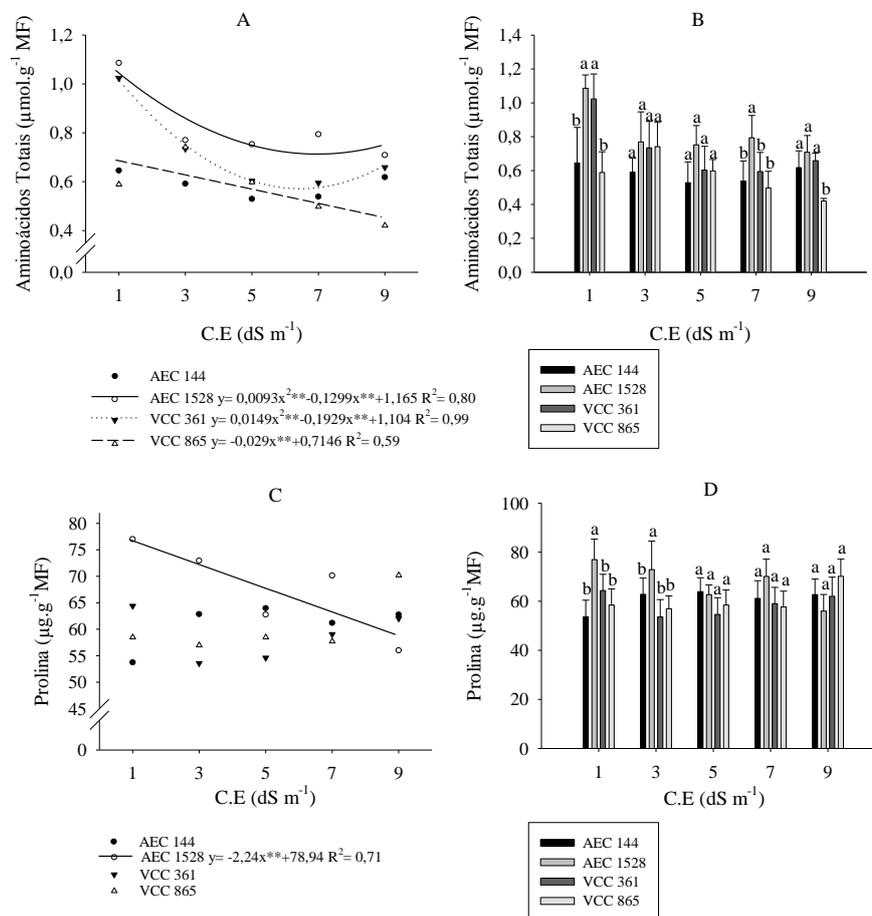


Figura 23. Teores de aminoácidos totais (A e B) e prolina (C e D) em folhas de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas aos 115 DT. (A e C) Efeito dos níveis de salinidade nos clones, (B e D) média dos clones, em cada nível de salinidade. As barras, em cada coluna, representam a variação do erro padrão da média. Em cada C. E., letras iguais indicam que os clones não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott ($p < 0,05$). C.E. = condutividade elétrica.

A prolina é um osmosoluto que pode contribuir para o ajuste osmótico, bem como atuar na proteção de estruturas celulares sob condições de estresses abióticos (ASHRAF e HARRIS, 2004). No presente estudo, o aumento da concentração de prolina em alguns tratamentos no clone AEC

1528 pode estar relacionado ao mecanismo de ajuste osmótico, tendo em vista a redução da área foliar ocasionada pela queda das folhas, nesse clone, nos níveis mais baixos de salinidade.

O acúmulo de solutos orgânicos é um processo comum em plantas submetidas a estresses ambientais (TAIZ e ZEIGER, 2013). Prolina e outros aminoácidos estão entre os principais solutos que se acumulam em resposta à salinidade (PARIDA e DAS, 2005). Este comportamento tem sido frequentemente registrado em várias culturas, como em arroz (LIMA e outros, 2004), feijão de corda (PRAXEDES e outros, 2009; ARAGÃO e outros, 2011) e pinhão manso (SOUSA e outros, 2012). Entretanto, em plantas de sorgo submetidas à salinidade, Lobo e outros (2011) observaram esse aumento nos teores de AA livres apenas no colmo, mas não em folhas.

No presente estudo, a redução nos teores de AA está diretamente relacionada à redução dos teores de AST, uma vez que os carboidratos produzidos pela fotossíntese desempenham papel importante no suprimento de esqueletos de carbono para a síntese de diversos compostos, tais como aminoácidos, outros solutos nitrogenados e proteínas. Entretanto, as relações entre mudanças na fotossíntese, perfil de carboidratos e estresse são complexas, uma vez que o metabolismo de carboidratos, após o processo fotossintético, pode tomar diversas rotas metabólicas (MCCORMICK e outros, 2008).

O aumento na concentração de AA nos clones AEC 1528 e VCC 361 sob altos níveis salinos sugere que estes genótipos tendem a fazer uso desses compostos para regulação osmótica em condições severas de estresse. O aumento de aminoácidos livres totais no tecido está relacionado com a resposta da planta ao estresse osmótico (PARIDA e DAS, 2005), como forma de reduzir o Ψ_w na planta para tornar possível a absorção de água (TAIZ e ZEIGER, 2013). Ashraf e Foolad (2007) afirmam haver forte relação entre o teor de prolina livre e a tolerância ao estresse salino.

Entretanto, no presente estudo, a manutenção dos teores de prolina sugere que esse aminoácido não apresenta correlação direta com os mecanismos de proteção ao estresse salino.

A síntese e o acúmulo de aminoácidos é uma resposta muito frequente, verificada em plantas submetidas a baixos valores de Ψ_s no meio externo, embora os custos para a exclusão de sal, compartimentalização intracelular e excreção do sal por meio de glândulas sejam relativamente menores do que o da síntese de solutos orgânicos (WILLADINO e CAMARA, 2010).

4.3.4 Análise de componentes principais das variáveis bioquímicas

Para complementar o estudo da influência da salinidade nas características bioquímicas, realizou-se a análise de componentes principais.

Em relação às variáveis bioquímicas, observa-se que os grupos dos tratamentos formados pelos clones não apresentam distinção, exceto para AEC 1528 (Figura 24A). Entretanto, verifica-se a formação de cinco grupos formados pelos tratamentos com as concentrações salinas (Figura 24B). Assim, ficou evidente que as características morfológicas influenciam a separação dos agrupamentos ao longo do componente 1. A caracterização de tendências entre as variáveis é ilustrada na Figura 23C.

Na Figura 24A, observa-se ao longo do eixo da CP2 que algumas variáveis bioquímicas, tais como prolina e aminoácidos, influenciam diretamente os valores positivos, que são as variáveis que se correlacionam com os tratamentos dos clones. Na Figura 24B, observa-se ao longo do eixo CP1 que as variáveis bioquímicas AST-Raiz, AST-Folha e AR-Folha influenciam diretamente os valores positivos, que são as variáveis que se correlacionam com os tratamentos de menor salinidade. Assim, quanto

menor a concentração salina, maiores serão os valores dessas variáveis. Desta forma, o primeiro componente distingue os tratamentos em função da concentração salina, e o segundo componente está relacionado com as variáveis que são influenciadas pelos clones.

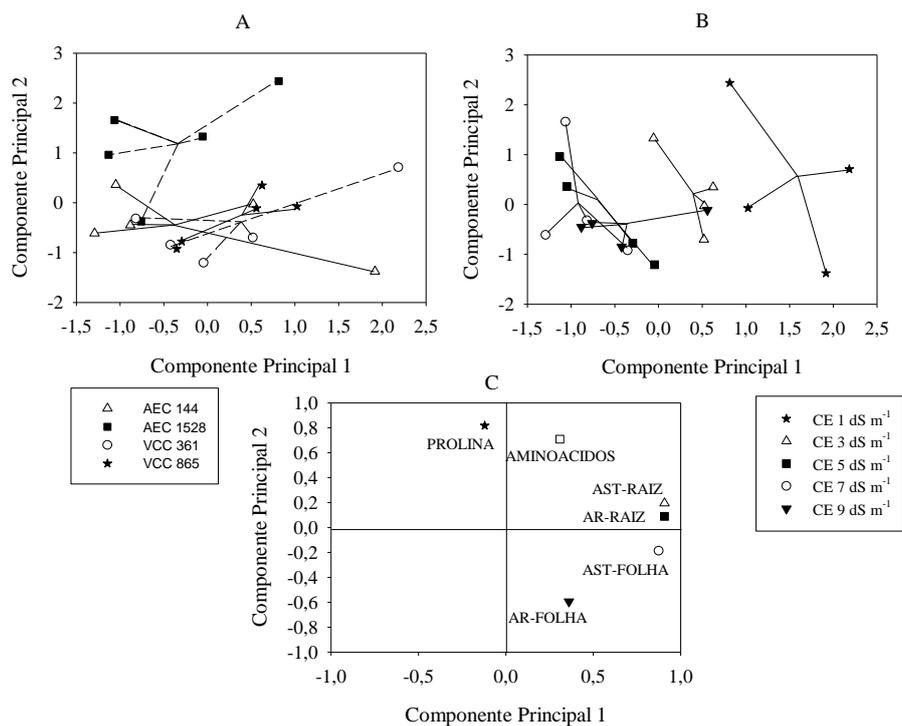


Figura 24. Análise de componentes principais para variáveis bioquímicas prolina, aminoácidos livres, AST e AR de raiz e folha, de plantas jovens de clones de *Eucalyptus* spp. submetidas a soluções nutritivas com cinco concentrações salinas.

Observa-se que o clone AEC 1528 apresenta maiores valores de prolina e aminoácidos e menor AR-folha do que os demais, que não podem ser diferenciados por estas variáveis. Ainda, que AST-raiz, AST-folha e AR-raiz são influenciados pela salinidade e que os tratamentos com salinidades 1 e 3 dS m⁻¹ apresentam maiores valores para estas variáveis.

5. CONCLUSÕES

A salinidade é um fator limitante para o crescimento inicial de eucalipto, evidenciado pela redução de parâmetros morfofisiológicos dos clones, em resposta ao aumento da condutividade elétrica da solução de cultivo. As variáveis morfológicas podem ser utilizadas como indicativo tanto para a tolerância à salinidade, quanto para diferenciação dos clones, sendo que a massa seca das raízes apresenta-se como a variável mais afetada por esse estresse. Os clones VCC 865 e AEC 1528 apresentam melhor desempenho agrônômico, expresso em altura, diâmetro e massa seca do fuste, em plantas submetidas à salinidade até o nível 9 dS m⁻¹. Os clones estudados apresentam moderada tolerância à salinidade. Entretanto, os níveis críticos de salinidade para cultivo dos clones, evidenciados pela redução de massa seca total, são diferenciados e correspondem a 6,1 dS m⁻¹ (AEC 144), 6,7 dS m⁻¹ (VCC 361) 7,8 dS m⁻¹ (VCC 865) e 8,2 dS m⁻¹ (AEC 1528).

As trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos são pouco afetados pela salinidade nos clones de eucalipto aos 115 DT. As variações ocorridas em potencial hídrico foliar e teor relativo de água sugerem a ocorrência de ajuste osmótico em resposta ao estresse salino. Entretanto, as reduções nos teores de AST, AR e aminoácidos, como respostas das plantas ao aumento da salinidade, indicam que a ocorrência de ajuste osmótico não pode ser atribuída a esses compostos orgânicos.

REFERÊNCIAS

- ABAF. **Bahia Florestal: Relatório ABAF 2015** / ABAF. Salvador: BA, 2015. 16 p.
- ABASSI, M.; MGUI, K.; BÉJAOU, Z.; ALBOUCHI, A. Morphogenetic responses of *Populus alba* L. under salt stress. **Journal of Forestry Research**, v. 25, n. 1, p. 155–161, 2014.
- ABD-EL BAKI, G. K.; SIEFRITZ, F.; MAN, H.-M.; WEINER, H.; KALDENHOFF, R.; KAISER, W. M. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. **Plant Cell and Environment**, v. 23, n. 05, p. 515-521, 2000.
- ABRAF, **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012** / ABRAF. Brasília: DF, 2013. 147p.
- ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 602-608, 2011.
- ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; LIMA, J. P. M. S.; SILVEIRA, J. A. G. Efeitos do KCl e $CaCl_2$ na absorção e transporte de Na^+ em cajueiro exposto ao NaCl. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 287-294, abr.- jun., 2008.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 110-119, jul.-set., 2011.
- ANDRADE, E. N. **A cultura do Eucalyptus**. São Paulo, Typographia Brazil de Rothschild & Cia. 1909. 154 p.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARAGÃO, R. M.; SILVA, J. S.; LIMA, C. S. e SILVEIRA, J. A. G. Salinidade modula negativamente a absorção e assimilação de NO_3^- em plantas de feijão de corda. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 382-389, abr-jun, 2011.

- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 161-169, abr-jun, 2009.
- ARAÚJO, S. A. M.; SILVEIRA, J. A. G.; ALMEIDA, T. D.; ROCHA, I. M. A.; MORAIS, D. L. e VIÉGAS, R. A. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 848-854, 2006.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, p. 3-16, 2004.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 702-713, 2007.
- AZEVEDO-NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; ABREU, C. E. B.; GOMES FILHO, E. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 1, p. 87-94, 2006.
- AZEVEDO-NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; LACERDA, C. F.; SILVA, J. V.; COSTA, P. H. A.; GOMES-FILHO, E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2004.
- BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.
- BEN-AMOR, N.; BEN HAMED, K.; DEBEZA, A.; GRIGNONB, C.; ABDELLY, C. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. **Plant Science**, v. 168, n. 4, p. 889-899, 2005.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.

- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; CARDOSO, J. A. F.; SOARES FILHO, W. S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 343-353, oct-dic, 2008.
- BROSCHÉ, M.; OVERMYER, K.; WRZACZEK, M.; KANGASJARVI, J. Stress Signaling III: Reactive Oxygen Species (ROS). In: PAREEK, A., BOHNERT, H.; GOVINDJEE. **Abiotic stress adaptation in plants: physiological, molecular and genomic foundation**. Dordrecht: Springer, p. 91-102, 2010.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista. Edições UESB, 2008. 72 p.
- CAMPOS, D. T. da S.; SILVA, M. de C. S. da; LUZ, J. M. R. da; TELESFORA, R. J.; KASUYA, M. C. M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 965-974, 2011.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.
- CAVALCANTE, L. F.; COSTA, J. R. M.; OLIVEIRA, F. K. D.; CAVALCANTE, I. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. de. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em covas protegidas contra perdas hídricas. **Revista Irriga**, v. 10, n. 3, p. 229-240, 2005.
- CAVALCANTI, F. R.; LIMA, J. P. M. S.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 5, p. 591-600, 2007.
- CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, J. T. A.; MARTINS-MIRANDA, A. S.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in saltstressed cowpea leaves. **New Phytologist**, v. 163, p. 563-571, 2004.
- CHAUM, S.; KIRDMANEE, C. Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n. 1, p. 87-98, 2009.
- CHEN, D. M.; KEIPER, F. J.; FILIPPIS, L. F. Physiological changes accompanying the induction of salt tolerance in Eucalyptus microcorys shoots in tissue culture. **Journal of Plant Physiology**, v. 152, p. 555-563, 1998.

- CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. Understanding and improving salt tolerance in plants. **Crop Science**, v. 45, n. 2, p. 437-448, 2005.
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 3, p. 458-460, 1975.
- CLEUGH, H. A.; LEUNING, R.; MU, Q.; RUNNING, S. W.; Regional evaporation estimates from flux tower and MODIS satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, p. 285-304, 2007.
- COELHO, D. S. **Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro**. 2013. 85 p. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro/Ba.
- COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados**. 2012. 70 p. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Tese (doutorado) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife/PE.
- COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R.; HOLANDA, J. S. Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*Amaranthus* spp.) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 43-48, 2008.
- CRAMER, G. R.; LÄUCHLI, A.; POLITO, V. S. Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress? **Plant Physiology**, v. 79, n. 1, p. 207-211, sep., 1985.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In.: GEHYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza-CE, INCTSal., p. 133-144, 2010.
- DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118 p.
- DIONISIO-SESE, M. L.; TOBITA, S. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. **Plant Science**, v. 135, n. 1, p. 1-9, jun., 1998.
- ECHER, F. R.; CUSTÓDIO, C. C.; HOSSOMI, S. T.; DOMINATO, J. C.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 638-645, out-dez, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ESTEVEZ, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **State of the World's Forests**. Rome, 2009. 152 p.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.))**. 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 675-683, 2011.

FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 29-34, jan. 2015.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.11, p. 1613-1619, 2002.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; VOIGT, E. L.; SOARES, L. S. P.; VIÉGAS, R. A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 1, p. 51-59, 2008.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 1, p. 15-24, 2005.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v. 119, n. 3, p. 355-364, nov. 2003.

GARCIA, A. B.; ENGLER, J. A.; IYER, S.; GERATS, T.; VAN MONTAGU, M.; CAPLAN, A. B. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. **Plant Physiology**, v. 115, n. 1, p.159-169, sep. 1997.

- GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, F. G.; MIRANDA, G. V. Estresse salino em plantas de milho: I - macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 26-30, 2005.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTsal, 2010. 472 p.
- GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeitos dos sais sobre as plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFCG, p. 125-131, 1997.
- GOMES, E. W. F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, S. O.; CAMARA, T. R.; MEUNIER, I. M. J. Diplóides (AA) de bananeira submetidos ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 525-531, 2004.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2165-2175, 2002.
- GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura da copa de cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos**. 1992. 84 p. Dissertação (Mestrado em fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- GRIEVE, C. M.; GUZY, M. R.; POSS, J. A.; SHANNON, M. C. Screening eucalyptus clones for salt tolerance. **Hortscience**, v. 34, n. 5, p. 867-870, aug. 1999.
- GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 3-10, 2010.
- HAJIBOLAND, R.; NOROUZI, F.; POSCHENRIEDER, C. Growth, physiological, biochemical and ionic responses of pistachio seedlings to mild and high salinity. **Trees**, v. 28, n. 4, p. 1065-1078, aug. 2014.
- HARIR, Y.; MITTLER, R. The ROS signaling network of cells. In: DEL RIO, L. A.; PUPPO, A. (Ed.). **Reactive oxygen species in plants signaling**. Berlin: Springer-Verlag, 2009. p. 165-174.
- HARTER, L. S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e

plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, jan. - mar., 2014.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463 - 499, 2000.

HENRY, R.; KOLE, C. **Genetics, genomics and breeding of Eucalypts**. CRC Pres, Boca Ratón, 2015. 188 p.

IBÁ. **Relatório da Indústria Brasileira de Árvores: ano base 2014**. 2015. 80 p.

IBARRA, M.; MAITI, R. K. Biochemical mechanism in Glossy Sorghum lines for resistance to salinity stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 146, n. 4, p. 515-519, jun. 1995.

IONOV, M.; YULDASHEVA, N.; ULCHENKO, N.; GLUSHENKOVA, A. I.; HEUER, B. Growth, development and yield of *Crambe abyssinica* under saline irrigation in the greenhouse. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 199, n. 5, p. 331–339, oct. 2013.

JAMES, R. A.; BLAKE, C.; BYRT, C. S.; MUNNS, R. Major genes for Na⁺ exclusion, Nax1 and Nax2 (wheat HKT1;4 and HKT1;5), decrease Na⁺ accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 8, p. 2939–2947, 2011.

JAMIL, M.; REHMAN, S. ur; LEE, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H-S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 64, n. 2, p. 111-118, 2007.

KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 66, n. 2, p. 180-187, 2009.

KEREPESI, I.; GALIBA, G. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 482-487, Feb. 2000.

KINRAIDE, T. B. Three mechanisms for the calcium alleviations of mineral toxicities. **Plant Physiology**, v. 118, p. 513–520, 1998.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 270-284, 2001.

LEMES, E. S. **Aplicação de cinza da casca de arroz, via solo, como fonte de silício em arroz irrigado sob estresse salino.** 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

LEUNING, R.; CLEUGH, H. A.; ZEGELIN, S. J.; HUGHES, D. Carbon and water fluxes over a temperate eucalyptus forest and a tropical wet/dry savanna in Australia: measurements and comparison with MODIS remote sensing estimates. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 129, n. 3-4, p. 151-173, apr. 2005.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004.

LIMA, G. P. P.; FERNANDES, A. A. H.; CATÂNEO, A. C.; CEREDA, M. P.; BRASIL, O. G.. Alterações na atividade da peroxidase e do conteúdo de carboidratos em mandioca cultivada in vitro sob estresse salino. **Scientia Agricola**, v. 55 n. 3. p. 413-417, 1998.

LOBO, A. K. M.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C.; BONIFÁCIO, A.; SILVEIRA, J. A. G. Compostos nitrogenados e carboidratos em sorgo submetido à salinidade e combinações de nitrato e amônio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 390-397, abr-jun, 2011.

LOPES, T. C.; KLAR, A. E. Influência de diferentes níveis de salinidade sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *Eucalytus urograndis*. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n 1, p. 68-75, jan-mar, 2009.

LOPES, T. C.; LIMA, K. B.; KLAR, A. E. Desenvolvimento inicial de plantas de *Eucalyptus platyphylla* submetidas a níveis de salinidade. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 494-500, out.-dez., 2012.

MAIA, J. M.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VOIGT, E. L.; MACÊDO, C. E. C.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 342-349, 2012.

MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A.; AL-MUTANA, M. M. Transport protein and salt tolerance in plants. **Plant Science**, Limerik, v. 146, n. 6, p. 891-900, 2003.

MARCAR, N.E.; CRAWFORD, D.F.; LEPPERT, P.M.; JOVANOVIĆ, T.; FLOYD, R.; FARROW, R. **Trees for saltland: a guide to selecting native species for Australia.** CSIRO Forestry and Forest Products. Canberra, jan.1995, 72p.

- MCCORMICK, A. J.; CRAMER M. D.; WATT, D. A. Differential expression of genes in the leaves of sugarcane in response to sugar accumulation. **Tropical Plant Biology**, v. 1, n. 2, p. 142-158, jun. 2008.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248–255, jun. 2007.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE**. 1992. 137 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.
- MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M.; IGLER, E.; JACKSON, P.; CALDAS, L.; RUNDEL, P. W. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. **Functional Ecology**, v. 13, p. 273-282, 1999.
- MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycine betaine accumulation in *Prosopis alba*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.16, p.39-46, 2004.
- MELONI, D. A., OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A.; CAMBRAIA, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n. 1, p. 69-76, feb. 2003.
- MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 71-77, jul.-set., 2011.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; SANTIAGO, A. R.; RODRIGUES, L. A.; FREITAS, T. A. S. Características biométricas de mudas de *Eucalyptus* sp sob estresse salino. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 365-372, 2007.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, abr.-jun., 2010.
- MILLER, G. L. Use dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Biochemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, mar. 1959.

MISHRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G. H. Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 years old plantations of *Eucalyptus tereticornis*: Biorejuvenation of sodic soil. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 115-124, 2003.

MOITA NETO, J. M. **Estatística multivariada**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí. 2006. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/novafapepi/ciencia/documentos/multivariada.PDF>>. Acesso em: 10 janeiro. 2016.

MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

MØLLER, I. S.; TESTER, M. Salinity tolerance of Arabidopsis: a good model for cereals? **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 12, p. 534-540, 2007.

MOURA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, SBS, 2000. 114 p.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, 2002.

MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 15-24, 1993.

MUNNS, R.; SCHACHTMAN, D. P.; CONDON, A. G. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 561–569, 1995.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, New York, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

MYERS, B. J.; BENYON, R. G.; THEIVEYANATHAN, S.; CRIDDLE, R. S.; SMITH, C. J.; FALKINER, R. A. Response of effluent-irrigated *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* to salinity and vapor pressure deficits. **Tree Physiology**, v. 18, n. 8-9, p. 565-573, aug.-sep. 1998.

NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, D. A. M.; SILVA, D. A.; ALVES, A. G. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 2, p. 128-132, 2012.

NASIM, M.; QURESHI, R.H.; AZIZ, T.; SAQIB, M.; NAWAZ, S.; SAHI, S. T.; PERVAIZ, S. Screening trees for salinity tolerance: a case-study with ten eucalyptus species. **Pakistan Journal of Agricultural Science**, v. 44, n. 3, p. 385-396, 2007.

- NASR, S. M. H.; SAVADKOOHI, S. K.; AHMADI, E. Investigation of salinity impacts on germination and growth of two forest tree species at seedling stage. **Journal of Forestry Research**, v. 24, n. 4, p. 703–708, 2013.
- NEUMANN, P. M. Recent advances in understanding the regulation of whole-plant growth inhibition by salinity, drought and colloid stress. **Advances in Botanical Research**, v. 57, p. 33-48, 2011.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, supl. 0, p. 873-881, 2009b.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-cordas irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 758-765, 2009a.
- NEVES, L. L. M.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-prata, submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 524-529, 2002.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. P.; MAIA, P. M. E.; CÂNDIDO, W. S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p. 79-87, 2013.
- OLIVEIRA, L. A. A.; BARRETO, L. P.; NETO, E. B.; SANTOS, M. V. F.; COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 31-35, jan. 2006.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove *Bruguiera parviflora* grown under hydroponic culture. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 8, p. 921-928, 2004.
- PARIDA, A.; DAS, A. B.; DAS, P. NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. **Journal of Plant Biology**, v. 45, n. 1, p. 28-36, 2002.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 60, p. 324–349, 2005.

- PAUL, M. J.; FOYER, C. H. Sink regulation of photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 360, p. 1383-1400, 2001.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, jan-fev., 2008.
- PEREIRA, E. R. L. **Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino**. 2012, 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB.
- POLJAKOFF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. Plants in saline environment. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop stress**. 3 Ed. New York, CRC Press, p. 65-96, 2010.
- PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 211-214, jul-set, 2009.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, abr-jun, 2015.
- PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHERY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.
- PROTÁSIO, T. P.; NEVES, T. A.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 465-477, abr.-jun., 2014.
- QUEIROZ, J. H.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 69-111.
- RAHNAMA, A.; JAMES, R. A.; POUSTINI, K.; MUNNS, R. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 3, p. 255-263, 2010.
- RAMOS, D. L. D.; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F. Açúcares redutores em plântulas de angico submetidas a estresse salino.

Anais do IV Workshop de Sementes e Mudanças da Caatinga. Embrapa Semiárido Petrolina, PE. **Documentos 258**. p. 83-87, 2014.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. de F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T. de; GARCIA R. A.; CARVALHO, A. M. de. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 411-418, dez. 2011.

RATHORE, S.; SINGH, N.; SINGH, S. K. Influence of NaCl on biochemical parameters of two cultivars of *Stevia rebaudiana* regenerated *in vitro*. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 10, n. 2, p. 287-296, 2014.

REZENDE, J. B.; PEREIRA, J. R.; BOTELHO, D. O. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão territorial. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 1-7, jan-mar, 2013.

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

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (ed). **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, p. 11-19, 2010.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). Tópicos em ciência do solo. v.3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.165-208, 2003.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SALAMA, S.; TRIVEDI, S.; BUSHEVA, M.; ARAFA, A. A.; GARAB, G.; ERDEI, L. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 2, p. 241-247, aug. 1994.

SÁNCHEZ, F. J.; MANZANARES, M.; ANDRES, E. F. de; TENÓRIO, J. L.; AYERBE, L. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. **Field Crops Research**, v. 59, n. 3, p. 225-235, dec. 1998.

- SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; COELHO FILHO, M. A.; BATISTA, R. O. Influência do balanço de sais sobre o crescimento inicial e aspectos fisiológicos de mamoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 27, n. 1, p. 44-53, jan-mar. 2015.
- SANTOS, D. B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, v. 30, n. 2, p. 69-74, may-ago, 2012.
- SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: GHERY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, p. 221-250, 2010.
- SANTOS, P. E. T.; GERALDI, I. O. GARCIA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedades físicas e mecânicas da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**. n. 63, p. 54-64, jun. 2003.
- SASIKALA, D. P. P.; PRASAD, P. V. D. Salinity effects on *in vitro* performance of some cultivars of potato. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 1994.
- SCHMUTZ, U. Effect of salt stress (NaCl) on whole plant CO₂-gas exchange in mango. **Acta Horticulturae**, v. 509, n. 1, p. 269-276, 2000.
- SCHOLANDER, P. F.; BRADSTERRET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL, H. T. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Lancaster, v. 148, n. 3668, p. 339-346, apr. 1965.
- SEPLANTEC/CEI – Secretaria do Planejamento Ciência e Tecnologia/Centro de Estatística e Informações. **Informações básicas dos municípios baianos: região Sudoeste**. Salvador. 1994. 540 p.
- SHARMA, P. K.; HALL, D. O. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 138, n. 5, p. 614-619, 1991.
- SHIGEOKA, S.; ISHIKAWA, T.; TAMOI, M.; MIYAGAWA, Y.; TAKEDA, T.; YABUTA, Y.; YOSHIMURA, K. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 372, p. 1305-1319, may 2002.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; e FEERIRA, F.J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, abr-jun 2013.

SILVA, A. L. L.; OLIVEIRA, Y.; DIBAX, R.; COSTA, J. L.; SCHEIDT, G. N.; MACHADO, M. P.; GUERRA, E. P.; BRONDANI, G. E.; ALVES, S. A. O. Hydroponics growth of *Eucalyptus saligna* Sm. on salt-stress mediated by sodium chloride. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 213-218, nov. 2012.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. e VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 5, p. 437-445, mai, 2009a.

SILVA JUNIOR, G. S.; MORAIS, M. B.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1145-1151, 2012.

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. Evolução da salinidade em solos representativos do agropolo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 4 p. 26-31, out-dez, 2011.

SILVA, L. E. N.; FERREIRA-SILVA, S. L.; FONTENELE ADE V.; RIBEIRO, R. V.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 14, p. 1157-1164, 2010.

SILVA, R. N.; DUARTE, G. L.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEREIRA, A. L. A. Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidas a estresse salino na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 215-220, 2008.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Condutância estomática de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, em resposta a diferentes níveis de água no solo e de convivência com *Brachiaria brizantha* Stapf. **Bragantia**, v. 57, n. 2, p. 339-347, 1998.

SOHAIL, M; SAIED, A. S.; GEBAUER, J.; BUERKERT, A. Effect of NaCl salinity on growth and mineral composition of *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 110, n. 2, p. 107-114, 2009.

SOUSA, A. E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; GHEYI, H. R.; LIMA NETO, M. C.; LACERDA, C. F.; SOARES, F. A. L. Trocas gasosas e conteúdo de carboidratos e compostos nitrogenados em pinhão-mansão irrigado com

águas residuária e salina. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1428-1435, out. 2012.

SOUZA, B. R.; FREITAS, I. A. S.; LOPES, V. A.; ROSA, V. R.; MATOS, F. S. Growth of eucalyptus plants irrigated with saline water. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 10, p. 1091-1096, mar, 2015a.

SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; SOUSA, F. F.; SILVA, I. A. Desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas e doses de nitrogênio. **Revista Verde**, Pombal-PB, v. 10, n. 2, p. 176-182, abr-jun, 2015b.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586-592, jun. 2011.

STEPIEN, P.; KLOBUS, G. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. **Biologia Plantarum**, v. 50, n. 4, p. 610-616, 2006.

STRANGE, K. Cellular volume homeostasis. **Advances in physiology education**, v.28, p.155-159, 2004.

SU, N.; BETHUNE, M.; MANN, L.; HEUPERMAN, A. Simulating water and salt movement in tile drained fields irrigated with saline water under a Serial Biological Concentration Management Scenario. **Agricultural Water Management**, v.78, n.3, p.165-180, 2005.

TABATABAEI, S. J.; FAKHRZAD, F. Foliar and soil application of potassium nitrate affects the tolerance of salinity and canopy growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* var Boulevard). **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 3, n. 3, p. 544-550, 2008.

TAFFOUO, V. D.; KOUAMOU, J. K.; NGLANGUE, L. M. T.; NDJEUDJI, B. A. N.; AKOA, A. Effects of salinity stress on grown, ions partitioning and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivars. **International Journal of Botany**, v. 5, n. 2, p. 135-143, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 1, p. 26-33, 2008.

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

- TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Curvas de índice de sítio para povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith para a Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 27-43, 2006.
- VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. P. **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: SIF, 2014. 551 p.
- VALVERDE, S. R. As plantações de eucalipto no Brasil. Texto Técnico. **Revista da Madeira**. CI Florestas, 2007. 7 p.
- VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.
- VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v. 35, n. 4, p. 753-759, nov. 2008.
- VIANNA, L. G. G.; SATO, A. M.; FERNANDES, M. C.; NETTO, A. L. C. Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geocossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). In: **Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o Ciclo Hidrológico**, 1., 2007, Taubaté Anais... Taubaté: IPABHi, p. 367-369, 2007.
- WANG, W. X.; VINOCUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, n. 1, p. 1-14, nov, 2003.
- WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytologist**, v. 49, p. 81-97, 1950.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.
- WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R.A. de; SILVA JUNIOR, E.A. da; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T.R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 42, n. 2, p. 417-422, abr-jun. 2011.
- WOODWARD, A. J; BENNETT, I. J. The effect of salt stress and abscisic acid on proline production, chlorophyll content and growth of *in vitro* propagated shoots of *Eucalyptus camaldulensis*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. v. 82, n 2, p. 189-200, Aug. 2005.

YANIK, T.; DONALDSON, R. P. A protective association between catalase and isocitrate lyase in peroxisomes. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 435, n. 2, p. 243-252, mar. 2005.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, London, v. 80 p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZHENG, A. Y.; JIAC, A.; NINGB, T.; XUD, J.; LIB, Z.; JIANG, G. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, n. 14, p. 1455-1465, sep. 2008.

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo das análises de variância das variáveis altura, diâmetro de colo, área foliar (AF)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Altura	Diâmetro de colo	AF
Clone(C)	3	173.54**	4.46**	65558007.93**
Salinidade(S)	4	494.17**	15.49**	11518568.66**
C*S	12	37.82**	0.46 ^{ns}	4088681.38**
Erro	60	14.896	0.635	365667.68
Total	79	3844.8875	119.064	313752536.45
CV (%)		5.23	5.73	6.24
Média Geral		73.84	13.91	9683.80
Unidade de medida		cm	mm	cm ²

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 2A. Resumo das análises de variância da variável taxa de crescimento absoluto (TCA) aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias de tratamento (DT)

FV	GL	Quadrados médios						
		TCA (DT)						
		15	30	45	60	75	90	105
Clone(C)	3	0.0177 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.143**	0.175**	0.367**	0.229*	0.154**
Salinidade(S)	4	0.0058 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.084**	0.508**	0.148**	0.012 ^{ns}	0.009 ^{ns}
C*S	12	0.0034 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.022* ²⁵	0.032* ²⁵	0.046* ²⁵	0.046 ^{ns}	0.011 ^{ns}
Erro	60	0.0065	0.011	0.012	0.019	0.025	0.034	0.016
Total	79	0.5075	0.898	1.742	4.106	3.747	3.344	1.613
CV (%)	-	51.42	46.05	38.11	30.10	31.66	91.09	25.61
Média Geral	-	0.16	0.22	0.29	0.46	0.50	0.20	0.50
Unidade	-	cm d ⁻¹						

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 3A. Resumo das análises de variância da variável taxa de crescimento relativo (TCR) aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias de tratamento (DT)

FV	GL	Quadrados médios						
		TCR (DT)						
		15	30	45	60	75	90	105
Clone(C)	3	0.000074**	0.000116**	0.000211**	0.000276**	0.000295**	0.000094**	0.000089**
Salinidade(S)	4	0.000006 ^{ns}	0.000018 ^{ns}	0.000068**	0.000285**	0.000022 ^{ns}	0.000004 ^{ns}	0.000008 ^{ns}
C*S	12	0.000005 ^{ns}	0.000012 ^{ns}	0.000020*	0.000022* ²⁵	0.000024* ²⁵	0.0000168* ²⁵	0.000005 ^{ns}
Erro	60	0.000007	0.000011	0.000009	0.000013	0.000010	0.000012	0.000006
Total	79	0.000751	0.001206	0.001686	0.003005	0.001883	0.001214	0.000727
CV (%)	-	51.27	46.43	36.83	31.12	30.32	91.98	28.20
Média Geral	-	0.0053	0.0071	0.0081	0.0115	0.0106	0.0038	0.0087
Unidade	-	cm cm ⁻¹ d ⁻¹						

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 4A. Resumo das análises de variância das variáveis matéria seca da folha (MS-folha), matéria seca do fuste (MS-fuste), matéria seca do ramo (MS-ramo), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), relação matéria seca da parte aérea/ matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e matéria seca total (MS-total)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		MS-folha	MS-Fuste	MS-ramo	MSPA	MSR	MSPA/MSR	MS-total
Clone(C)	3	2573.08**	33.47**	318.98**	5001.05**	1069.91**	4.287**	6702.307
Salinidade(S)	4	791.32**	259.28**	255.63**	3444.09**	1527.91**	0.379*	9432.423
C*S	12	156.31**	4.18 ^{ns}	5.58 ^{ns}	176.42**	97.12* ²⁵	0.119 ^{ns}	389.125
Erro	60	20.146	3.951	4.352	43.030	75.272	0.142	143.713
Total	79	13969.02	1424.80	2307.41	33478.42	15003.08	24.332	71128.937
CV (%)		7.02	11.59	8.90	6.28	18.48	16.15	7.91
Média Geral		63.92	17.15	23.44	104.51	46.96	2.33	151.469
Unidade de medida		g	g	g	g	g	un	g

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 5A. Resumo das análises de variância das variáveis potencial hídrico (Ψ_w), teor relativo de água (TRA), condutância estomática (g_s), transpiração (E), fotossíntese (A), concentração interna de CO_2 (Ci), temperatura da folha (Tf)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Ψ_w	TRA	g_s	E	A	Ci	Tf
Clone(C)	3	0.047**	0.0026 ^{ns}	0.0177*	2.60*	3.75 ^{ns}	3511.91 ^{ns}	1.17 ^{ns}
Salinidade(S)	4	0.147**	0.00184 ^{ns}	0.0079 ^{ns}	0.50 ^{ns}	11.00 ^{ns}	1096.21 ^{ns}	1.39 ^{ns}
C*S	12	0.026**	0.0074*	0.0053 ^{ns}	0.34 ^{ns}	17.95 ^{*25}	2443.46 ^{*25}	3.33 ^{*25}
Erro	60	0.007	0.0034	0.0060	0.49	9.39	1435.42	1.81
Total	79	1.502	0.3088	0.5090	43.53	834.09	130367.39	157.47
CV (%)	-	14.25	6.73	39.64	33.81	27.14	16.32	4.87
Média Geral	-	-0.610	0.8676	0.195375	2.08	11.29	232.21	27.61
Unidade de medida	-	MPa	%	mol H_2O m^2 s^{-1}	mmol m^2 s^{-1}	μmol CO_2 m^2 s^{-1}	μmol CO_2 mol^{-1}	$^{\circ}\text{C}$

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; ^{*25} significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 6A. Resumo das análises de variância das variáveis eficiência do uso da água (A/E), eficiência de carboxilação (A/Ci), clorofilas totais e carotenoides

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		A/Ci	A/E	Clorofilas totais	Carotenoides
Clone(C)	3	132.78 ^{ns}	14.29 ^{ns}	294596.289 ^{ns}	44694.45*
Salinidade(S)	4	130.74 ^{ns}	15.40 ^{ns}	53973.299 ^{ns}	16059.16 ^{ns}
C*S	12	108.63 ^{ns}	25.67 ^{ns}	219867.097 ^{ns}	32413.57**
Erro	60	140.25	25.29	739891.953	12733.19
Total	79	10639.76	1929.88	48131604.386	1351274.56
CV (%)	-	55.42	74.74	15.87	14.09
Média Geral	-	21.37	6.73	5421.797	800.80
Unidade de medida	-	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}/$ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}/$ $\text{mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$	mg m^2	mg m^2

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

Tabela 7A. Resumo das análises de variância das variáveis clorofilas totais, carotenoides, açúcares solúveis totais das folhas (AST-folha), açúcares solúveis totais das raízes (AST-raiz), açúcares redutores de folhas (AR-folha), açúcares redutores de raízes (AR-raiz), aminoácidos e prolina

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		AST-folha	AST-raiz	AR-folha	AR-raiz	Aminoácidos	Prolina
Clone(C)	3	22225.01*	25176.53**	0.0534**	0.00282**	0.292488**	318.056683**
Salinidade(S)	4	76493.79**	54072.42**	0.0189*	0.01103**	0.161423**	27.37963 ^{ns}
C*S	12	10727.93* ²⁵	6952.66**	0.0162*	0.000899*	0.041197**	177.042371**
Erro	60	6532.32	1042.03	0.0065	0.000461	0.014841	48.845652
Total	79	893324.44	437772.81	0.8237	0.091020	2.907999	6118.936120
CV (%)		23.85	14.71	17.59	18.43	18.05	11.29
Média Geral		338.92	219.43	0.46	0.1165	0.6748750	61.9190000
Unidade de medida		mmol g ⁻¹ MF	μmol g ⁻¹ MF	μg g ⁻¹ MF			

Teste F - * significativo a 0,05; ** significativo a 0,01; *²⁵ significativo a 0,25; ^{ns} não significativo

