

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE SOBRE ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis*

Thaís de Camargo Lopes; Antonio Evaldo Klar

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, tclopes@fca.unesp.br

1 RESUMO

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, utilizando-se de vasos plásticos preenchidos com areia fina lavada, mantida com teor de água próxima a 0,01 MPa., contendo doses de NaCl, em quantidades suficientes para elevar o nível de condutividade elétrica, com o objetivo de avaliar a influência de diferentes níveis de salinidade de solo sobre parâmetros fisiológicos de mudas de *Eucalyptus urograndis*. O experimento foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 10 repetições. Os níveis de salinidade utilizados foram: 1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹.

O aumento no nível de salinidade até a condutividade elétrica de 8,33 dS m⁻¹ não prejudicou o crescimento inicial das mudas de *E. urograndis*. A partir do nível de salinidade de 4,50 dSm⁻¹, houve diminuição de crescimento em altura e diâmetro após 30 dias de estresse. Ocorreu menor produção de matéria seca da parte aérea e de raiz nos tratamentos com doses de NaCl acima de 4,50 dSm⁻¹. A área foliar foi a variável mais afetada pelo aumento da concentração de sais na solução aplicada, tendo visível diminuição quando submetida a níveis de condutância acima de 4,50 dS m⁻¹.

UNITERMOS: NaCl, irrigação, Eucalipto

LOPES, T. C.; KLAR, A. E. INFLUENCE OF DIFFERENT SALINITY LEVELS ON MORPHOLOGICAL ASPECTS OF *Eucalyptus urograndis* SEEDLINGS

2 ABSTRACT

This study was set up in protected environment at the Agricultural Engineering Department, FCA – UNESP, Botucatu – SP. Washed thin sand were used in black PVC pots (14 L volume), whose water content were maintained close to -0.01 MPa. The objective was to evaluate the influence of five levels of salinity: 1,41; 2,50; 4,50; 6,45 and 8,33 dS m⁻¹ on *Eucalyptus urograndis* seedlings through some morphological parameters. Ten replicates under completely randomized design were used. The results showed that the most of morphological characteristics decreased followed by increased soil salinity: until 8,33 dS m⁻¹ did not affected initial seedling growth; from 4,50 dSm⁻¹, there was height and diameter growth decrease after 30 days of stress; there was less aerial part and root dry matter up to 4,50 dSm⁻¹. Leaf area was the most affected variable under salinity applied, with visible decrease from 4,50 dS m⁻¹ electric conductivity.

KEYWORDS: NaCl; irrigation; Eucalyptus

3 INTRODUÇÃO

O eucalipto está crescendo comercialmente devido ao fato de possuir altas taxas de produtividade em locais férteis e apresentar significativo desenvolvimento quando necessária adubação adicional ou irrigação.

Com o aumento da população e urbanização, os produtores são obrigados a cobrir a demanda, fato este que os força a se utilizarem também de solos marginais, inclusive os salinos.

Segundo Cruz et al. (2006), o manejo inadequado da água de irrigação aliado ao uso intensivo de fertilizantes têm contribuído para o aumento de áreas agricultáveis com problemas de salinidade. Este fato é particularmente importante nas regiões áridas e semi-áridas, devido à escassez da precipitação pluvial e à alta demanda evaporativa, que dificultam a lixiviação dos sais localizados na camada arável do solo.

A salinidade geralmente causa redução do crescimento das plantas, induzindo a desordens nutricionais causadas pelo excesso de sais, principalmente NaCl (Fernandes, 2003).

Estima-se que atualmente, no Brasil, a área total de solos afetados por sais seja superior a quatro milhões de hectares, ocorrendo tanto em regiões úmidas como em regiões semi-áridas (Queiroz, 2001).

Para utilização de solos com excesso de sais, com vistas à produção agrícola ou florestal, é preciso aplicação de práticas de correção, que podem se constituir na lixiviação de sais e, ou, na aplicação de corretivos químicos. Tais práticas envolvem alto custo e não resolvem, efetivamente o problema. Outras alternativas baseiam-se na utilização de espécies tolerantes à salinidade, tanto para reabilitação do solo quanto para produção (Mendonça et al., 2007).

Diversos trabalhos têm evidenciado o efeito negativo dos íons que contribuem para a salinidade do solo (principalmente Na e Cl) sobre processos fisiológicos vitais de plantas (Yahya, 1998). Os efeitos desses íons estão relacionados ao efeito osmótico, que induz condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

Apesar da existência de variabilidade genética para tolerância à salinidade, os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que contribuem à tolerância ainda são incipientes (Mansour et al., 2003).

No Brasil existem poucos estudos sobre a tolerância da espécie à salinidade, principalmente sobre o híbrido *E. grandis* vs *E. urophylla*.

Entretanto, ter conhecimento sobre como diferentes espécies vegetais respondem à salinidade é essencial para assegurar plantios seguros e com qualidade em áreas afetadas por sais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo proposto foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas - Unesp, Campus de Botucatu/SP, na Fazenda Lageado, com início no mês de julho e término em outubro de 2008, utilizando-se de mudas de *Eucalyptus urograndis*. Estas mudas foram produzidas em viveiro, em tubetes de 50 cm³, preenchidos com substrato comercial, constituído a base de casca de pinus decomposta e vermiculita. O local onde o experimento foi conduzido encontra-se a aproximadamente 786 m de altitude e com as seguintes coordenadas geográficas: 22°51' latitude Sul e 48°26' longitude

Oeste. Segundo Cunha et al. (1999), o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é definido como Cwa: clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Os aspectos morfofisiológicos analisados de mudas de *Eucalyptus urograndis* foram: altura das plantas, diâmetro da base caulinar, produção de matéria seca radicular e da parte aérea, área foliar, teor relativo e potencial hídrico de água nas folhas e evapotranspiração.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos de níveis de salinidade e 10 repetições por tratamento.

No período de produção das mudas, ocorreu concomitantemente o preparo do substrato para preenchimento dos vasos cilíndricos com capacidade para 14 L. O substrato era composto por areia de rio lavada com água corrente e desmineralizada.

Em casa de vegetação, após a secagem ao ar da areia, as mudas foram transplantadas para os vasos que continham 11,2 kg de areia cada um. No momento do transplante, cada vaso recebeu a quantidade de solução nutritiva necessária para atingir a máxima capacidade de retenção de água da areia, considerada como -0,01 MPa. A solução nutritiva foi aplicada por meio de fertirrigação, utilizando-se dos dados obtidos por pesagem dos vasos para determinação da quantidade de água a ser utilizada na solução nutritiva. Foram utilizadas amostras da areia seca ao ar para ser colocada a mesma quantidade em cada vaso. A curva característica de água da areia mostrou que aos potenciais de água de -1,5 e -0,01 MPa, os teores de umidade foram 0,05% e 1,55%, respectivamente, com base em massa de areia seca em estufa. O Quadro 1 mostra a composição da solução nutritiva usada para a adubação, aplicada semanalmente (Silveira, et al..s/d)

Quadro 1. Composição da solução nutritiva utilizada.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
Mg. L⁻¹	1560	420	1080	1020	240	300

A solução nutritiva era composta por NaCl (2M) em diferentes quantidades para simular os níveis de salinidade. A definição desses níveis tem por base o valor de 4 dSm⁻¹ de condutividade elétrica, que é indicado para que não ocorra redução de produtividade para a espécie (Shannon, 1994) e a dosagem foi baseada nos dados fornecidos por Mendonça, 2007 (Quadro 2).

Quadro 2. Volume de NaCl, na concentração de 2 Molar, necessário para promover os diferentes níveis de salinidade.

Grau de Salinidade (dS. m⁻¹)	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33
ml de NaCl (2M) por L de solução	0	5	15	25	35

Foram efetuadas irrigações diárias a partir das 7 horas, com base na pesagem dos vasos. As medições referentes à altura e ao diâmetro basal das mudas foram feitas mensalmente com o objetivo de obter o incremento dessas características no período.

Ao final do experimento, as mudas foram subdivididas em: parte aérea e raiz. A parte referente ao sistema radicular foi lavada com água para eliminar resquícios de areia e a parte

aérea foi ainda separada em folhas e caules. Para obtenção da massa seca da parte aérea e de raiz houve secagem em estufa a 70°C por 48 horas.

As determinações do teor relativo de água da folha, da taxa de evapotranspiração e do potencial de água das folhas foram obtidos conforme consta em KLAR (1988).

A área foliar foi estimada com base num modelo estatístico, o qual relaciona o produto da largura pelo comprimento da folha versus a área, trabalhando-se então com as respectivas médias.

As condições climatológicas da estufa foram estimadas com base nos dados de evaporação de um tanque classe A, localizado ao lado dos vasos com nível de água na mesma altura e por meio de termômetros de temperaturas máxima e mínima e de bulbos seco e úmido.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Altura das Plantas e Diâmetro da Base Caulinar

É consenso que a salinidade afeta o crescimento devido ao estresse osmótico, toxicidade por excesso de íons, principalmente Na e Cl e desequilíbrio nutricional (Fernandes et al., 2003). A redução no crescimento causado pelo estresse salino também pode estar relacionado ao custo energético envolvido na síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos, necessários aos processos de compartimentação na regulação do transporte de íons.

Ao se observar os dados da análise estatística pode-se verificar que na fase de crescimento inicial das mudas de *Eucalyptus urograndis*, o aumento no nível de salinidade não prejudicou o crescimento tanto em altura como em diâmetro da base caulinar, o que também foi constatado por Mendonça (2007), avaliando o efeito de doses de NaCl sobre a altura, na fase de crescimento inicial do *Eucalyptus tereticornis*, já em uma segunda avaliação realizada aos 30 dias de estresse salino, já se observa diferenciação entre os tratamentos com menores doses de NaCl (1,41 e 2,50 dS m⁻¹) e os tratamentos com maiores doses (4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹), essa diferença se mantém aos 60 dias, porém o diâmetro apresenta com maior evidência a influência da salinidade sobre esse aspecto morfológico, ou seja, as mudas dos tratamentos submetidos a maiores níveis de condutividade elétrica, demonstraram menor desenvolvimento desse fator quando comparadas às mudas dos tratamentos com níveis de condutividade elétrica mais baixas. Esses dados podem ser observados nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3. Resultado do teste de Tukey 5%, para o parâmetro altura e diâmetro nas três medições efetuadas.

Tratamento (dS m ⁻¹)	Altura 1 (cm)	Diâmetro 1 (mm)	Altura 2 (cm)	Diâmetro 2 (mm)	Altura 3 (cm)	Diâmetro 3 (mm)
1,41	30,6 a	0,48 a	41,10 a	0,62 a	43,9 ab	0,82 b
2,50	28,7 a	0,46 a	40,10 a	0,62 a	50,90 a	0,92 a
4,50	28,4 a	0,47 a	35,80 b	0,57 ab	42,00 b	0,70 c
6,45	28,9 a	0,43 a	36,00 b	0,52 b	41,90 b	0,65 cd
8,33	28,4 a	0,43 a	34,05 b	0,55 b	37,50 b	0,59 d
D.M.S	2,40	0,07	2,87	0,07	8,00	0,10
C.V. (%)	6,48	11,40	5,98	9,21	14,41	10,78

Quadro 4. Resultado da análise de regressão para o parâmetro altura e diâmetro nas três medições efetuadas.

Tratamento (dS m ⁻¹)	Altura 1 (cm)	Diâmetro 1 (mm)	Altura 2 (cm)	Diâmetro 2 (mm)	Altura 3 (cm)	Diâmetro 3 (mm)
1,41	29,69	0,48	40,69	0,63	47,48	0,88
2,50	29,46	0,47	39,58	0,61	46,05	0,83
4,50	29,03	0,46	37,55	0,58	43,42	0,74
6,45	28,61	0,44	35,57	0,55	40,86	0,66
8,33	28,21	0,43	33,66	0,53	38,39	0,58
R ² (%)	43,32	75,53	89,55	77,43	57,81	80,21
Anava	n.s	n.s	**	**	**	**

5.2. Produção de Matéria Seca Radicular e da Parte Aérea

Houve diferença na produção de matéria seca da parte aérea e de raiz nas mudas dos diferentes tratamentos estudados, os menores níveis de salinidade (1,41 e 2,50 dS m⁻¹), propiciaram maior produção de matéria seca da parte aérea e de raiz, enquanto que nas mudas de *Eucalyptus urograndis* submetidas aos tratamentos com maior condutividade elétrica (4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹) a produção de massa seca aérea e de raiz foram menores. Távora et al. (2001) observaram redução da massa seca aérea em goiabeira com o aumento da salinidade da solução de cultivo. Mendonça (2007) notou o mesmo efeito da salinidade sobre a produção de raízes grossas de *E. tereticornis*, enquanto que não houve alteração na produção das raízes finas (a partir da segunda ordem) desta mesma espécie. Para *E. robusta* e *E. camaldulensis*, o comportamento em relação a esta avaliação se assemelha ao observado nas mudas de *E. urograndis*. Os dados referentes às análises encontram-se nos Quadros 5,6,7 e 8.

Quadro 5. Resultado do teste de Tukey 5%, para o parâmetro matéria seca da parte aérea (g).

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	D.M.S	C.V (%)
Peso verde (g)	68,70 b	86,80 a	67,00 b	62,30 b	53,80 c	8,45	9,72
Peso seco (g)	40,20 b	46,40 a	39,20 b	37,40 b	31,40 c	5,69	11,39

Quadro 6. Resultado da análise de regressão para o parâmetro matéria seca da parte aérea (g)

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	R ² (%)	Anava
Peso verde (g)	78,34	74,76	68,17	61,77	55,57	58,75	69,05
Peso seco (g)	44,04	42,31	39,14	36,04	33,06	**	**

Quadro 7. Resultado do teste de Tukey 5%, para o parâmetro matéria seca da parte de raiz (g).

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	D.M.S	C.V (%)
Peso úmido (g)	78,50 a	77,20 a	32,70 ab	43,90 b	37,60 b	27,40 c	15,43
Peso seco (g)	35,30 a	32,70 ab	29,60 cb	26,40 c	12,25	4,52	11,63

Quadro 8. Resultado da análise de regressão para o parâmetro matéria seca da parte de raiz (g).

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	R ² (%)	Anava
Peso úmido (g)	83,30	75,86	62,71	49,88	37,51	90,75	**
Peso seco (g)	34,22	32,89	30,45	28,07	25,78	86,60	**

5.3. Área Foliar

O estresse salino pode afetar o crescimento celular e a expansão das folhas, tanto através da redução na pressão de turgescência, como na extensibilidade da parede celular (Prisco, 1980).

Nos Quadros 9 e 10 estão apresentados os resultados das análises de área foliar. Foram realizadas as medições para os tratamentos que receberam as diferentes dosagens salinas, verificando-se uma contínua diminuição nesta variável, sendo esta mais afetada pela crescente condutibilidade elétrica aplicada aos tratamentos com mudas de *E. urograndis*, principalmente nos tratamentos 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹. Távora et al. (2001), em estudo com goiabeira, também observaram que a área foliar foi a variável mais afetada pelos crescentes níveis de salinidade (NaCl) utilizados.

Quadro 9. Resultado do teste de Tukey 5%, para o parâmetro área foliar (cm²).

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	D.M.S	C.V %
Área Foliar (cm²)	8091 a	8048 a	5913 b	4599 c	3622 d	247,18	2,11

Quadro 10. Resultado da análise de regressão para o parâmetro área foliar (cm²).

Tratamento-dS.m ⁻¹	1,41	2,50	4,50	6,45	8,33	R ² (%)	Anava
Área Foliar (cm²)	8138	7434	6144	4886	3673	82,15	**

5.4. Teor Relativo de Água e Potencial Hídrico na Folha.

Quanto ao teor relativo de água (TRA) e ao potencial hídrico, não houve diferença entre os tratamentos, uma vez que os dados encontrados na avaliação após seis horas da irrigação em todos os vasos para se atingir o valor máximo de teor de água no substrato foram semelhantes. Provavelmente haverá necessidade de desenvolver outros ensaios com dosagens salinas mais elevadas, uma vez que outros estudos mostram que o potencial hídrico e o TRA decrescem com o aumento dos níveis e do tempo de exposição ao NaCl, reduzindo desse modo a capacidade de absorção de água pelas plantas. Segundo Távora et al.(2001), quando ocorre diminuição do potencial hídrico, esta situação se deve à presença de íons solúveis permeáveis nas células da raiz. Nabil & Coudret (1995), estudando os efeitos do NaCl, constataram que uma sensível redução do TRA, sob níveis crescentes de NaCl, deve-se ao ajustamento osmótico da planta em altos níveis de salinidade. No entanto, é provável que o aumento desta variável também reflita o acúmulo de sais solúveis responsáveis pelo ajuste osmótico. Os resultados referentes ao TRA e potencial hídrico avaliados não apresentaram resultados significativos.

6 CONCLUSÕES

O aumento no nível de salinidade até a condutividade elétrica de 8,33 dS m⁻¹ não prejudicou o crescimento inicial das mudas de *E. urograndis*. A partir do nível de salinidade de 4,50 dSm⁻¹, houve diminuição de crescimento em altura e diâmetro após 30 dias de estresse. Ocorreu menor produção de matéria seca da parte aérea e de raiz nos tratamentos com doses de NaCl acima de 4,50 dSm⁻¹.

A área foliar foi a variável mais afetada pelo aumento da concentração de sais na solução aplicada, tendo visível diminuição quando submetida a níveis de condutância acima de 4,50 dS m⁻¹.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, J.L. et al. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 2, p. 275-284, abr./jun., 2006.

CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Koppen. In: *Simpósio em Energia na Agricultura*, 1, 199, Botucatu. Anais... Botucatu: UNESP – FCA, p. 487-491, 1999.

FERNANDES, A.R. et al. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K) sob diferentes níveis de salinidade. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.2, n.2, p. 278-284, mar./abr., 2003.

KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p.

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.

MENDONÇA, A.V.R. et al. Características Biométricas de mudas de *Eucalyptus sp.* Sob estresse salino. *Revista Árvore*, Viçosa, vol. 31, n. 003, p. 365-372, mai./jun., 2007.

NABIL, M.; COUDRET, A. Effects of sodium chloride on growth tissue elasticity and solute adjustment in two *Acacia nilotica* subspecies. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.93, p. 217-224, 1995.

PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” salino. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.3, p. 85-94, 1980.

QUEIROZ, S.O.P. et al. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo. *Irriga*, Botucatu, v. 6, n. 02, p. 124-134, 2001.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M.; FRANÇOIS, L.E. Whole Plant Response to Salinity. In: WILKIMAN, R.E. (Ed.). *Plant Environment Interactions*. New York: Marcel Dekker, p. 199-244, 1994.

SILVEIRA, R.L.V.A., et al. Seja o doutor do seu Eucalipto. Potafos, n.12, s/d, 32p.

TÁVORA, F.J.A.F. et al. Crescimento e Relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP, v.23, n.2, p.441-446, 2001.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. Journal of Plant Nutrition, New York, v. 21, n. 7, p. 1439-1451, 1998.