

EFEITOS DA ÁGUA SALINA E DA ADUBAÇÃO AZOTADA NA COMPOSIÇÃO FOLIAR EM MACRONUTRIENTES E NA PRODUÇÃO DO SORGO SACARINO

INFLUENCE OF SALINE WATER AND NITROGEN APPLICATION ON LEAF NUTRIENT CONCENTRATIONS AND YIELD OF SWEET SORGHUM

M^a Graça Serrão¹, M^a Regina Menino¹, M^a Ermelinda Lourenço², Manuel Luis Fernandes¹, Nádía Castanheira³, Adélia Varela¹, Tiago Ramos¹, José Casimiro Martins¹, Fernando Pires¹ e M^a Conceição Gonçalves¹

RESUMO

Avaliou-se o efeito das combinações de quatro níveis diferenciados de N com três níveis de NaCl, veiculados ao solo pela água de rega, nas concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e Na em sorgo sacarino (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*), em dois anos consecutivos de um ensaio instalado num Fluvisolo Êutrico, em Alvalade-Sado, provido de um sistema de rega gota-a-gota (“Fonte tripla linear”). Pesquisaram-se relações entre os teores foliares dos nutrientes e a produção de matéria seca (caules, folhas + panículas e total) e entre níveis de N e de NaCl e teores foliares médios de nutrientes. Foi a disponibilidade do azoto no solo que, mais do que a salinidade, afetou a absorção de nutrientes, com reflexo nos teores foliares e na produ-

ção. O teor foliar de N foi o melhor indicador na previsão da produção de caules do sorgo sacarino.

Palavras-chave: azoto, fertirrega, NaCl, matéria seca, sorgo sacarino.

ABSTRACT

We evaluated the influence of the combinations of four N levels with three NaCl levels, applied through irrigation, on leaf N, P, K, Ca, Mg, and Na concentrations of sweet sorghum (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*), in two consecutive years of an experiment established on a Eutric Fluvisol in Alvalade-Sado region, equipped with a drip irrigation system (“Triple Linear Source”). The

¹ Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P., L-INIA, Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras. E-mail: graca.serrao@inrb.pt; ² Universidade de Évora, ICAAM, Dep. Fitotecnia, Pólo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora. E-mail: melourenfit@uevora.pt; ³ Universidade de Évora, ICAAM, Dep. Eng. Rural, Pólo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora. E-mail: nlsc@uevora.pt

relationships between leaf nutrient concentrations and dry matter production (stems, leaves, and aerial biomass), and between N and NaCl levels and the leaf nutrient concentrations were also searched. It was nitrogen availability in soil that, more than salinity, affected nutrient uptake, with reflexes on the leaf concentrations and the yields. Leaf N concentration was the best indicator for predicting the stems production of sweet sorghum.

Keywords: dry matter, fertigation, nitrogen, NaCl, sweet sorghum.

INTRODUÇÃO

Dado o elevado potencial do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*) na sustentabilidade da produção de etanol (Lourenço *et al.*, 2007), como alternativa a culturas mais exigentes em água, fertilizantes e pesticidas, como o milho, tem sido considerado necessário, especialmente na última década, estudar o comportamento da cultura face aos fatores de produção, nomeadamente a fertilização, nas regiões do país (centro e sul) e em condições de regadio, onde é possível obter produções elevadas.

O azoto é o nutriente que mais frequentemente se tem mostrado limitante para a produção do sorgo (Soipara e Bradford, 1985; Camacho *et al.*, 2002). Em relação à salinidade do solo, o sorgo tem sido considerado uma cultura moderadamente tolerante (Ayers e Westcot, 1985), com perda de produção unitária a partir de valores de condutividade eléctrica do extracto de saturação entre 3 e 6 dS m⁻¹. Contudo, o sorgo apresenta uma ampla variação genotípica em relação à tolerância à salinidade (Almodares *et al.*, 2008).

Os dados de análise de plantas no diagnóstico de problemas nutricionais, utilizando níveis críticos ou intervalos de suficiência de

nutrientes, são escassos para o sorgo, por comparação com os existentes para o milho (Jones *et al.*, 1990). As concentrações de nutrientes dependem da parte da planta analisada, do estágio de desenvolvimento, do genótipo e da localização geográfica. Todavia, para o presente trabalho, considerou-se que a análise foliar em sorgo sacarino poderia permitir diagnosticar o estado nutricional da planta quanto à suficiência em nutrientes e também se pretendeu relacionar o estado nutricional com a produtividade da cultura, contribuindo para ajustar a fertilização.

O trabalho inseriu-se no Projeto “Optimização da Fertilização Azotada em função do Teor de Sal na Água de Rega - NITROSAL”, que decorreu entre 2007 e 2010. Visou avaliar, em dois anos sucessivos, o efeito de níveis diferenciados de adubação azotada e de salinidade, veiculados ao solo pela água de rega, nas concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e Na em sorgo sacarino. Pretendeu-se, ainda, pesquisar relações entre os teores foliares destes nutrientes e a produção da parte aérea do sorgo, bem como com os níveis de N e de NaCl testados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo incidiu sobre as 12 modalidades de um ensaio em Alvalade do Sado (Concelho de Santiago do Cacém), cuja instalação e condução em 2007, 2008 e 2009 foram descritas, com algum detalhe, em trabalho anterior (Serrão *et al.*, 2010).

Na área do ensaio, o solo classifica-se como Aluviossolo moderno não calcário de textura mediana (Cardoso, 1974) ou como Fluviossolo éutrico (FAO, 2001). No Quadro 1, mostram-se algumas características físicas e químicas de amostras colhidas num perfil do solo. Os métodos utilizados na determinação destas características são os correntemente adoptados na UIARN do L-INIA, em Oeiras.

Quadro 1 – Algumas características físicas e químicas de um perfil de solo na área do ensaio.

Características	Profundidade (cm)			
	0-30	30-75	75-160	
Textura	Franca	Franco-Limosa	Franca	
Areia Grossa (%)	8,3	6,5	5,8	
Areia Fina (%)	52,4	46,2	42,0	
Limo (%)	26,3	29,3	27,6	
Argila (%)	13,0	18,0	24,6	
pH (H ₂ O)	7,00	7,13	7,33	
CE (dS m ⁻¹)	0,423	1,224	0,959	
SAR (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	3,25	3,87	2,96	
M. O. (g kg ⁻¹)	26,46	17,30	11,69	
Ct (cmol _c kg ⁻¹)	Ca	5,977	6,856	6,617
	Mg	1,834	2,280	3,179
	Na	0,280	0,329	0,345
	K	0,442	0,237	0,158
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	13,59	15,64	16,01	
ESP (%)	2,059	2,103	2,152	
N inorgânico (mg kg ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻	3,87	4,02	4,30
	N-NH ₄ ⁺	n.d.	n.d.	n.d.
N total (g kg ⁻¹)	1,15	0,92	0,26	

SAR – Razão de Adsorção de Sódio; Ct - catiões de troca; ESP – Percentagem de Na de troca; n.d. – não detetado.

As modalidades do ensaio resultaram da combinação de quatro níveis de adubação azotada (incluindo o nível 0) com três níveis de adição de NaCl na água de rega (Quadro 2). Assim, foi instalado um sistema de rega gota-a-gota de “Fonte tripla linear”, alimentado por 3 fontes de água: *água de rega* (água da região, não salina, com condutividade elétrica entre 0,3 e 1,0 dS m⁻¹), *água salina* (água de rega com NaCl dissolvido, com condutividade elétrica média 7 dS m⁻¹) e *água+fertilizante* (água de rega com NH₄NO₃, com condutividade eléctrica média 9 dS m⁻¹), que foram injetadas nos tubos de alimentação principal, através de bombas doseadoras (Serrão *et al.*, 2010).

Cada modalidade teve três repetições, correspondentes a 3 linhas de sorgo, com comprimento de 3 m e espaçamento de 0,75 m. Cada linha de sorgo, semeado em Maio de cada ano, foi regada por três tubagens com

três conjuntos de gotejadores com dotação sempre constante em cada ponto de rega, debitando 18 L por hora e por metro.

A amostragem de folhas foi realizada em Agosto, à floração, na fase de ântese, seguindo o procedimento preconizado por Jacquinet (1984). Colheu-se a 4^a folha abaixo da inflorescência, em seis plantas, previamente marcadas, de cada uma das três linhas de sorgo de cada modalidade. No laboratório, as amostras (36) foram lavadas com água desionizada (Jacques *et al.*, 1974), secas em estufa de ventilação forçada, durante 48 horas, a 65-75°C e moídas (< 0,5 mm). As concentrações totais de P, K, Na, Ca e Mg foram determinadas, após digestão nitroperclórica (Ulrich *et al.*, 1959), por espectrofotometria de absorção atômica, exceto o P, o qual foi doseado por colorimetria. O teor de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl.

Quadro 2 – Quantidades médias de azoto e de sódio aplicadas na água de rega, para as 12 modalidades do ensaio.

Nível		N (g m ⁻²)		Na (g m ⁻²)	
N	NaCl	2007	2008	2007	2008
	1	0,0	0,0	60,0	66,0
1	2	0,0	0,0	576,0	599,0
	3	0,0	0,0	1096,0	1133,0
	1	17,2	19,0	60,0	66,0
2	2	17,2	19,0	576,0	599,0
	3	17,2	19,0	1096,0	1133,0
	1	34,2	37,9	60,0	66,0
3	2	34,2	37,9	576,0	599,0
	3	34,2	37,9	1096,0	1133,0
	1	51,4	56,8	60,0	66,0
4	2	51,4	56,8	576,0	599,0
	3	51,4	56,8	1096,0	1133,0

Nível de N: 1 – Sem NH₄NO₃ aplicado na água de rega; 2, 3 e 4 – Concentrações crescentes de NH₄NO₃ aplicado; Nível de NaCl: 1 – Sem NaCl aplicado; 2 e 3 – Concentrações crescentes de NaCl aplicado.

No final do ciclo cultural (Setembro de 2007 e 2008), efetuou-se o corte da parte aérea das plantas das 12 modalidades, para cada repetição. A produção de matéria seca (MS) foi determinada conforme descrito por Serrão *et al.* (2010). Calculou-se a produção da parte aérea (aqui designada por produção total) pelo somatório da produção de MS de caules e de folhas + panículas.

A origem da variabilidade de resposta (concentrações foliares de nutrientes e produção total de MS) obtida em cada ano foi avaliada através da análise de variância, considerando o nível de significância de 0,05. Para comparação entre modalidades, utilizou-se o teste da diferença mínima significativa (d.s.m.), ao mesmo nível de significância. A correlação linear simples foi utilizada para

identificar as relações significativas entre os teores foliares dos nutrientes e a produção de matéria seca e ainda, entre os níveis de N e de NaCl aplicados e os teores foliares médios de nutrientes. A análise estatística foi realizada com o Programa STATGRAPHICS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito dos níveis de adubação azotada e de salinidade nos teores foliares de nutrientes e na produção total de matéria seca

Em ambos os anos (2007 e 2008), o nível de N afetou significativamente as concentrações foliares de todos os nutrientes (Quadro 3), independentemente do nível de NaCl

Quadro 3 - Valores F resultantes da análise de variância efectuada à concentração foliar ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) de N, P, K, Ca, Mg e Na e à produção total (kg ha^{-1} MS) de sorgo sacarino, em 2007 e 2008.

Origem da variação	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	Na	Produção de MS
<u>2007</u>								
<u>Efeitos principais</u>								
A: Nível de N	3	83,10***	3,58*	5,01***	7,91***	36,84***	34,98***	23,36***
B: Nível de NaCl	2	12,55***	0,037n.s.	0,013n.s.	0,12n.s.	2,33n.s.	0,42n.s.	2,77n.s.
<u>Interação A x B</u>	6	0,56n.s.	0,60n.s.	1,54n.s.	0,71n.s.	2,76*	0,43n.s.	1,13n.s.
<u>2008</u>								
<u>Efeitos principais</u>								
A: Nível de N	3	151,0***	68,87***	7,18***	5,51***	51,01***	6,71***	19,03***
B: Nível de NaCl	2	18,30***	28,93***	9,20***	5,48**	1,41n.s.	4,22**	9,48***
<u>Interação A x B</u>	6	1,00n.s.	1,89n.s.	0,56n.s.	1,11n.s.	1,69n.s.	2,36n.s.	1,82n.s.

G.l. – Graus de liberdade; MS – matéria seca; *** $P \leq 0,001$; ** $P \leq 0,01$; * $P \leq 0,05$; n.s. - não significativo.

adicionado à água de rega. Por outro lado, o nível de NaCl apenas influenciou significativamente a concentração foliar de N (no conjunto dos níveis de N). A interação entre os níveis de N e de NaCl não foi significativa, afetando apenas o teor foliar de Mg em 2007.

Apesar da produção total de MS (Quadro 3) ter sido afetada pelo nível de N em ambos

os anos (no conjunto dos níveis de NaCl), só em 2008 é que se observou o efeito do nível de NaCl. A interação entre os níveis de N e de NaCl não foi significativa em ambos os anos.

A maior produção total de MS foi observada nos dois níveis de N mais elevados (Quadro 4) em ambos os anos, sendo os

Quadro 4 – Diferenças de concentração média foliar ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) de nutrientes e de produção média total (kg ha^{-1} MS) de sorgo sacarino, em 2007 e 2008, em 4 níveis de aplicação de N na água de rega

Nível N	N	P	Ca	Mg	K	Na	Produção
-----2007-----							
1	1,58b	0,21b	0,44b	0,17c	1,15c	0,045c	10861c
2	2,21a	0,27a	0,53a	0,21b	1,20bc	0,050b	16667b
3	2,31a	0,27a	0,52a	0,26a	1,26ab	0,063a	21650a
4	2,29a	0,28a	0,51a	0,25a	1,29a	0,062a	19452ab
-----2008-----							
1	1,87c	0,19c	0,43b	0,18c	1,09b	0,040b	12540c
2	2,77b	0,25b	0,43b	0,24b	1,13b	0,038b	18439b
3	2,79ab	0,30a	0,50a	0,29a	1,21a	0,041b	21738a
4	2,90a	0,32a	0,52a	0,30a	1,25a	0,047a	21032ab

Nível de N: 1 – Sem NH_4NO_3 aplicado na água de rega; 2, 3 e 4 – Concentrações crescentes de NH_4NO_3 aplicado; Em cada ano, valores na mesma coluna, seguidos de igual letra, não diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

valores similares entre si. A estes valores de produção corresponderam, sempre, teores foliares médios de nutrientes (valores médios dos três níveis de NaCl) significativamente superiores aos obtidos sem adubação, com exceção do teor de Na em 2008 (Quadro 4). Tal pode ser explicado pelo estímulo na absorção de nutrientes provocado pelo maior desenvolvimento das plantas melhor nutridas em N.

Sem aplicação de N, o teor foliar médio de N (Quadro 4) foi inferior a $2 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor abaixo do qual é provável ocorrer deficiência de N para a cultura do sorgo (Reuter, 1986). Em concordância com este valor, as plantas de sorgo mostraram, ao longo do desenvolvimento, nos dois anos agrícolas, sintomas nítidos de deficiência de N (clorose generalizada e nanismo das plantas), o que deu origem às mais baixas produções médias totais de MS (10860 e 12540 kg ha^{-1} , em 2007 e 2008, respetivamente). Aquele valor crítico foliar confirmou, assim, que a disponibilidade de N no solo era insuficiente para um adequado desenvolvimento das plantas.

O menor nível de N aplicado (entre $17,2$ e $19,0 \text{ g m}^{-2}$) também conduziu, em 2007 e 2008, a produções médias totais significativamente mais elevadas do que sem adubação, mas inferiores às obtidas nos dois maiores níveis de aplicação de N (Quadro 4). Quanto às concentrações foliares de nutrientes que lhe corresponderam, não acompanharam, de forma sistemática, o comportamento da produção média total.

Na Figura 1, procurou ilustrar-se como variaram simultaneamente os teores foliares médios de nutrientes e a produção total média do sorgo com a elevação do nível de N na água de rega, dado que o estabelecimento de níveis críticos ou de intervalos de suficiência de um nutriente tem geralmente, como base, curvas de resposta dos teores foliares e da produção da cultura à aplicação do nutriente em estudo.

Da observação da mesma, parece poder extrair-se a ilação de que a partir do nível médio de aplicação de N (cerca de 36 g m^{-2}), não será vantajoso, economicamente, utilizar uma dose superior de N para aumentar a produção total de sorgo. Mas outro fator há a ter em conta – o teor de açúcar dos caules, o que não foi objeto deste estudo.

Quer o teor médio foliar de N, quer a produção total média (valores médios dos quatro níveis de N) diminuíram significativamente com o aumento da salinidade da água de rega (Figura 2). Todavia, em 2007, os dois níveis de salinidade mais elevados reduziram significativamente o teor foliar de N em relação ao obtido com a água da região. Já a produção total média só baixou com a água de maior concentração salina. Em 2008, ambos os teores de N e a produção total média decresceram, apenas, com a utilização da água de maior salinidade.

Relações entre produções de MS da parte aérea do sorgo e teores foliares de nutrientes

No estabelecimento destas relações, consideraram-se os pares de valores (72) referentes aos 2 anos de ensaio.

Obtiveram-se correlações lineares simples positivas entre a produção total de MS da parte aérea e os teores foliares de N, P, Ca, Mg, K e Na (Quadro 5), sendo a correlação mais elevada com o teor de N foliar ($r = 0,70$; $P < 0,001$), seguida da existente com o teor de Mg foliar ($r = 0,64$; $P < 0,001$).

A produção de MS de caules também se correlacionou positiva e significativamente com os teores foliares de nutrientes, com exceção do teor de Na, sendo obtida a maior correlação, tal como para a produção total, com o teor de N ($r = 0,76$; $P < 0,001$), seguindo-se a correlação com o teor de Mg foliar ($r = 0,64$; $P < 0,001$). Os valores dos restantes valores do coeficiente de correlação foram

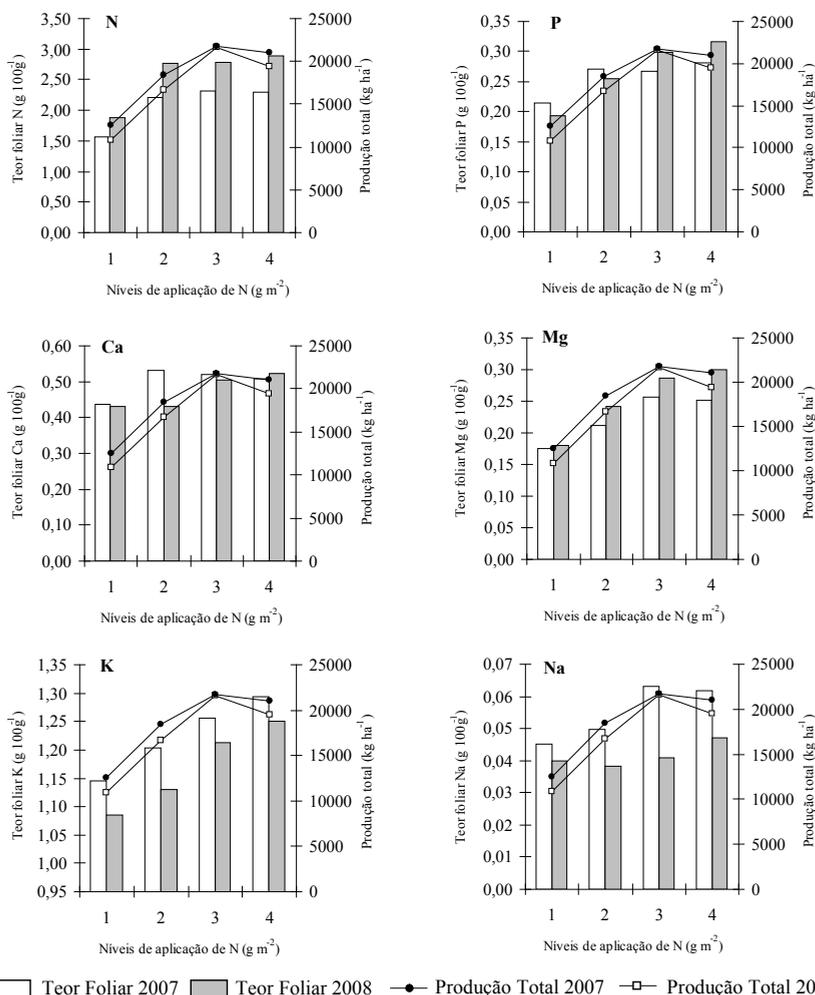


Figura 1 - Variação dos teores foliares e das produções totais de MS com o nível de adubação azotada, em dois anos consecutivos.

A semelhança entre os resultados obtidos para as produções de MS total e de caules seria expectável, dado a grande representação do caule na parte aérea do sorgo.

Quanto às correlações entre produções de MS de folhas + panículas e teores foliares de nutrientes, foram todas significativas e positivas (Quadro 5), mas com

baixos valores de coeficiente de correlação.

Atendendo ao valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,58$) da relação linear simples entre a produção de MS de caules e a concentração foliar de N, distanciado da unidade, esta relação entre as variáveis em causa não se pode considerar estreita.

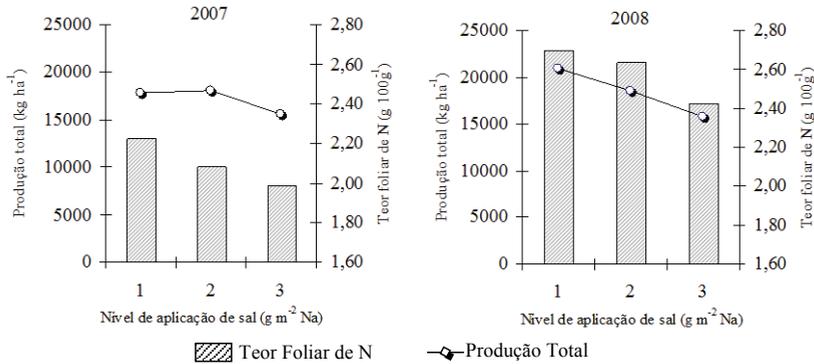


Figura 2 - Variação do teor foliar médio de N e da produção total de MS com o nível de salinidade da água de rega.

Quadro 5 – Coeficientes de correlação (r) entre produções de MS (kg ha^{-1}) de caules, folhas + panículas e total e teores totais foliares de nutrientes ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), no conjunto dos dois anos (2007 e 2008).

	N	P	Ca	Mg	K	Na
Produção total	0,70***	0,60***	0,40***	0,64***	0,51***	0,29*
Produção caules	0,76***	0,53***	0,30*	0,64***	0,32**	0,003ns
Produção folhas + panículas	0,41***	0,50***	0,40***	0,44***	0,59***	0,55***

* - significativo ao nível de 5%; *** - significativo ao nível de 0,1 %; ns – não significativo.

Relações entre níveis de aplicação de N e de NaCl e teores foliares médios de nutrientes

A pesquisa de relações deste tipo visou, em última análise, a previsão de teores foliares que poderiam revelar-se úteis na formulação da recomendação de fertilização.

Os pares de valores (24) que intervieram

no cálculo destas correlações corresponderam aos níveis de N e de NaCl experimentais de 2007 e 2008 (Quadro 2) e aos teores foliares médios (médias de três repetições) referentes às respetivas modalidades do ensaio.

Os teores médios dos vários nutrientes correlacionaram-se, apenas, com o nível de N aplicado (Quadro 6), com maior expressão

Quadro 6 – Coeficientes de correlação simples (r) entre níveis de aplicação de N e de NaCl (g m^{-2}) na água de rega e teores foliares médios de nutrientes ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), no conjunto dos dois anos (2007 e 2008).

	N	P	Ca	Mg	K	Na
Nível de N	0,6928***	0,7767***	0,5718**	0,8614***	0,6751***	0,4660*
Nível de NaCl	-0,2871ns	-0,2725ns	-0,2330ns	0,0834ns	-0,2824ns	0,0287

* - significativo ao nível de 5%; ** - significativo ao nível de 1 %; ***significativo ao nível de 0,1 %; ns – não significativo; nd – não determinado.

para o teor de Mg foliar ($r = 0,8614$; $P \leq 0,001$), sendo a explicância da respetiva regressão linear ($r^2 = 0,74$) relativamente elevada.

CONCLUSÕES

Dos resultados anteriores, podem extrair-se as seguintes conclusões:

- 1 – Os teores foliares dos vários nutrientes elevaram-se por aplicação de N na água de rega, embora não de forma sistemática com o aumento do nível de N;
- 2 – O efeito depressivo do aumento de salinidade da água de rega na produção de MS total e no teor foliar de N não foi consistente durante o período experimental;
- 4 – O teor foliar de N foi o melhor indicador na previsão da produção de caules do sorgo sacarino;
- 5 – Não foi encontrada uma relação estreita entre níveis de aplicação de N e de NaCl na água de rega e teores foliares de nutrientes no sorgo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projeto PTDC/AGR-AAM/66004/2006 (2007-2010) da FCT. Agradece-se a Maria de Lurdes Cravo (UIARN, Oeiras) a colaboração na lavagem e secagem das amostras foliares e nas determinações analíticas. A Maria Clara Pegado e a Ana Maria Neves (UIARN, Oeiras), agradece-se, respetivamente, a colaboração na lavagem e na moenda das amostras foliares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almodares, A.; Hadi, M.R. e Dosti, B. (2008). - The effect of salt stress on

growth parameters and carbohydrates contents in sweet sorghum. *Research Journal of Environmental Sciences*, 2, 4: 298-304.

Ayers, R. e Westcot, D.W. (1985) - *Water quality for agriculture*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 172 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1).

Camacho, R.; Malavolta, E.; Guerrero-Alves, J. e Camacho, T. (2002) - Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. *Scientia Agricola*, 59, 4: 771-776.

Cardoso, J.C. (1974) - A classificação dos solos de Portugal - Nova versão. *Boletim de Solos*, 17: 14-46. Lisboa, SROA, Secretaria de Estado da Agricultura.

FAO (2001) - *Lecture notes on the major soils of the world*. Rome, FAO, 338 p. (World Soil Resources Reports 94).

Jacques, G.L.; Vanderlip, R.L. e Whitney, D.A. (1974) - Nutrient contents of washed and unwashed grain sorghum plant tissues compared. *Communications of Soil Science and Plant Analyses*, 5: 173-182.

Jacquinet, L. (1984) - Sorgho tropical. In: Martin-Prével, P.; Gagnard, J. e Gautier, P. (Eds) - *L'analyse végétale dans de contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*. Paris, Technique et Documentation Lavoisier, p. 636-642.

Jones Jr., J.B.; Eck, H.V. e Voss, R. (1990) - Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: Westermann, R.L. (Ed.) - *Soil Testing and Plant Analysis* 3rd ed. Madison, Soil Science Society of America, Inc. p. 521-547.

Lourenço, M.E.V.; Massa, V.M.L.; Palma, P.M.M. e Rato, A.E.M. (2007) - Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no

- Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 30, 1: 103-110.
- Reuter, D.J. 1986. Temperate and subtropical crops. In: Reuter, D.J. e Robinson, J.B. (Eds) - *Plant analysis. An interpretation manual*. Melbourne and Sydney, Inkata Press, p. 38-99.
- Soipara, J.M. e Bradford, B.N. (1985) - Biomass and sugar yield response of sweet sorghum to lime and fertilizer. *Agronomy Journal*, 77, 3: 471-475.
- Serrão, M.G.; Martins, J.C.; Ramos, T.; Castanheira, N.L.; Pires, F.P.; Fernandes, M.L.; Menino, M.R. e Gonçalves, M.C. (2010) - Produção de sorgo sacarino em função da adubação azotada e da salinidade da água de rega. In: *IV Reunião Ibérica de Pastagens e Forragens*. Zamora e Miranda do Douro, Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens, p. 331-339.
- Ulrich, A.; Ririe, D.; Hills, H.F. e George, G.A. (1959) - *Plant Analysis, a guide for sugar beet fertilization*. California, California Agricultural Experiment Station, 78 p. (*Bulletin California Agricultural Experiment Station*, 766).