



Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico¹

**Edivan R. de Souza², Maria B. G. dos S. Freire², Clístenes W. A. do Nascimento²,
Abelardo A. de A. Montenegro³, Fernando J. Freire² & Hidelblandi F. de Melo⁴**

RESUMO

Objetivou-se avaliar a extração de sais pela *Atriplex* cultivada em solo salino sódico sob condições de estresse hídrico e comparar propriedades do solo antes e após seu cultivo. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação durante 134 dias, com cultivo em vasos com 20 kg de solo salino sódico em quatro níveis de umidade (35, 55, 75 e 95% da capacidade de campo), com um tratamento controle (sem cultivo), montado em blocos casualizados, com oito repetições. As altas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e, especialmente Na^+ e Cl^- nas folhas de *Atriplex nummularia*, associadas à elevada produção de massa seca, caracterizam esta espécie como planta fitoextratora de sais, chegando a extrair, nas folhas e caule, o equivalente a: 644,25; 757,81; 1.058,55 e 1.182,00 kg ha⁻¹ desses elementos, para 35, 55, 75 e 95% da capacidade de campo, respectivamente. As variáveis do complexo sortivo do solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , soma de bases) e o carbono orgânico total, permaneceram estáveis entre o início e o final do experimento, em todos os tratamentos, enquanto o Na^+ e a percentagem de sódio trocável diminuíram após o cultivo da planta. A *Atriplex* respondeu ao incremento de umidade do solo quando se considera a produção de biomassa e a extração de sais.

Palavras-chave: fitorremediação, halófitas, solos afetados por sais

Phytoextraction of salts by *Atriplex nummularia* Lindl. under water stress in saline sodic soils

ABSTRACT

This study aims to evaluate the growth, production and extraction of salts by *Atriplex* grown on saline-sodic soil under water stress conditions and to compare soil properties before and after their cultivation. The experiment was carried out in a greenhouse during 134 days growing *Atriplex nummularia* in pots with 20 kg of saline sodic soil with four levels of soil moisture (35, 55, 75 and 95% of field capacity) with a control (soil without plant). The experiment was performed in a randomized block with eight replications. The high concentrations of Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , and especially Na^+ and Cl^- in leaves of *Atriplex nummularia*, associated with high dry matter production characterizes this species as phytoextraction of salts, extracting through leaf and stem: 644, 758, 1059 and 1182 kg ha⁻¹ at 35, 55, 75 e 95% of field capacity, respectively. The variables of the exchangeable cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , sum of bases) and total organic carbon remained stable between the beginning and end of the experiment in all treatments, while Na^+ and exchangeable sodium percentage decreased after cultivation of the plant. The *Atriplex* responded to soil moisture with respect to biomass production and salts extraction.

Key words: phytoremediation, halophytes, salt affected soils

Trabalho submetido e selecionado no primeiro Simpósio Brasileiro de Salinidade realizado de 12-15/10/2010 em Fortaleza, Ceará, Brasil

¹ Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco

² DEPA/UFRPE. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6220. E-mail: edivan@depa.ufrpe.br; betania@depa.ufrpe.br; cwnascimento@yahoo.com; f.freire@depa.ufrpe.br

³ DTR/UFRPE. Fone: (81) 3320-6220. E-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

⁴ Graduando em Agronomia/UFRPE. E-mail: biogo_cazuza@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A salinidade e a sodicidade do solo estão entre as principais causas de degradação em ambiente semiárido, pois ocasionam danos às propriedades do solo, ao desenvolvimento vegetal e à sociedade, o que culmina em sério impacto ambiental e social (Souza et al., 2008; Ashraf, 2009; Ashraf & Akram, 2009). Sendo assim, formas de recuperação desses solos contribuem para a melhoria da produtividade e sustentabilidade dos sistemas de manejo do solo.

Qadir et al. (2007) salientam que práticas de recuperação e de manejo eficientes devem ser adotadas, já que o uso desses solos para a agricultura é valioso e não pode ser negligenciado. Já Ravindran et al. (2007), fornecem alternativas para esta recuperação, como o uso de vegetação halófitas, aplicação de corretivos químicos e orgânicos e remediação mecânica, utilizando escavação e remoção do solo afetado por sais.

O uso de vegetação halófitas fundamenta-se na fitoextração, que é uma técnica de fitorremediação que utiliza espécies de plantas que absorvem e acumulam o sódio na parte aérea, a qual pode ser removida e usada para outros fins. Qadir et al. (2007) afirmam que a fitoextração é uma estratégia eficiente de recuperação de solos salino sódicos, com performance comparável à utilização de corretivos químicos.

Para que o processo de fitoextração em solo salino sódico seja eficiente, é recomendável que a espécie cultivada seja hiperacumuladora de sais (especialmente NaCl) e produza grande quantidade de biomassa para que a extração de sais seja satisfatória. A *Atriplex nummularia* encaixa-se neste perfil, haja vista a produção de biomassa e a afinidade na absorção de Na⁺ e Cl⁻ (Flowers & Colmer, 2008; Munns & Tester, 2008).

Pesquisas que abordam especificamente o uso de halófitas com o objetivo de fitorremediação, ainda são incipientes na literatura, podendo-se citar pesquisa desenvolvida em casa de vegetação (Leal et al., 2008) e em campo (Ravindran et al., 2007).

A espécie halófitas *Atriplex nummularia* Lindl. tem sido estudada principalmente no âmbito de tolerância à salinidade do solo; no entanto, pela característica de adaptação a ambientes de clima árido e semiárido, faz-se necessário avaliar, também, o desempenho dessa espécie quanto à tolerância a baixos teores de água no solo.

A umidade do solo é uma variável chave para o entendimento de uma série de processos hidrológicos e climáticos em diferentes escalas espaço-temporal (Brocca et al., 2009; Heathman et al., 2009). Do ponto de vista hidrológico, a umidade do solo controla o escoamento superficial, infiltração, armazenamento e drenagem, além de sua importância para a

necessidade de irrigação e previsão da produtividade.

Liu et al. (2008), enfatizam a tolerância das halófitas à salinidade e comentam que a literatura ainda é escassa em evidenciar o efeito conjunto da salinidade e do estresse hídrico no crescimento dessas plantas, já que este efeito interativo e o entendimento de algumas respostas ecofisiológicas, contribuem para o desenvolvimento de um manejo eficiente em ambientes salinos.

Jordan et al. (2009), relatam que a caracterização dos padrões de crescimento e consumo de água em halófitas sob condição de irrigação, especialmente em condições de salinidade, é um assunto que deve ser explorado.

Diante disto, objetivou-se com este trabalho avaliar a extração de Ca, Mg, Na, K e Cl pela *Atriplex nummularia* cultivada em solo salino sódico sob condições de estresse hídrico (35, 55, 75 e 95% da capacidade campo) e comparar os teores desses elementos no solo antes e após o cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Montagem do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período 01 de outubro de 2008 a 13 de fevereiro de 2009. Foi utilizada uma amostra de Neossolo Flúvico Sódico salino, classificado conforme Corrêa & Ribeiro (2001), oriunda do município de Pesqueira, PE, localizada entre as coordenadas 08° 34' 17" de Latitude Sul e 37° 01' 20" de Longitude Oeste, e coletada na profundidade de 0-30 cm. O solo foi secado ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm para preenchimento dos vasos. Para caracterização física e química utilizaram-se subamostras passadas em malha de 2 mm (Tabelas 1 e 2).

Utilizaram-se vasos de polietileno com altura de 24 cm e capacidade de 20 kg de solo seco. No momento do preenchimento dos vasos foi retirada uma amostra de solo de cada vaso para caracterização e comparação dos atributos químicos com os resultados da segunda coleta do solo, ao final do experimento.

Obtenção das mudas de *Atriplex* e composição dos tratamentos

Foram utilizadas mudas de *Atriplex nummularia* com 120 dias de idade, multiplicadas por estaquia a partir de uma única planta matriz, para diminuir a variabilidade genética.

Tomando-se como referência a umidade na capacidade de campo (0,152 g g⁻¹), Tabela 1, foram definidos quatro níveis: 35, 55, 75 e 95% da umidade, a base de massa, na capacidade de

Tabela 1. Caracterização física do solo (n= 36 amostras) utilizado no experimento

Ds ¹	Dp ²	Área			Silte	Argila	ADA ³	ID ⁴	IF ⁵	Umidade (atm)		
		Total	Grossa	Fina						0,1	0,33	15
kg dm ⁻³		g kg ⁻¹							g g ⁻¹			
1,40	2,67	590	229	361	330	80	60	0,75	0,25	0,21	0,15	0,05

¹Densidade do solo (método do anel volumétrico)

²Densidade das partículas (método do balão volumétrico)

³Argila dispersa em água

⁴Índice de dispersão

⁵Índice de floculação. ID: ADA/Argila; IF: (1 - ID)

Tabela 2. Caracterização química do solo (n= 36 amostras) utilizado no experimento

Complexo sortivo		Extrato de saturação		Relações (solúveis)	
Variáveis	Valores	Variáveis	Valores	Variáveis	Valores
pH ^(2,5:1)	8,66	CEes (dS m ⁻¹)	42,56	Na/Ca	28,39
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	4,73	pHes	7,45	Na/Mg	19,81
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,12	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	16,07	Na/K	122,30
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	3,31	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	22,98	Na/Cl	1,11
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,36	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	456,19	Cl/Na	0,90
SB ¹ (cmol _c kg ⁻¹)	10,52	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	3,73	Cl/Ca	25,55
PST ² (%)	31,46	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	410,64	Cl/Mg	17,87
COT ³ (dag kg ⁻¹)	0,55	RAS ⁴ (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	103,21	Cl/K	110,09

¹Soma de bases²Porcentagem de sódio trocável³Carbono orgânico total (Yeomans & Bremner, 1988)⁴Relação de adsorção de sódio; Metodologias: pH^(1,2,5) (Silva, 2009); Cátions trocáveis (Extração Acetato de Amônio 1 mol L⁻¹); Cátions solúveis (Richards, 1954)

campo (CC), mais um tratamento controle sem cultivo de *Atriplex* e mantido a 95% da capacidade de campo, durante todo o período de cultivo da *Atriplex nummularia*. A irrigação foi realizada diariamente ao final da tarde, momento em que todos os vasos eram pesados e irrigados com água suficiente para manter os níveis de umidade estabelecidos. A água utilizada para irrigação foi preparada em laboratório, com sais de NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ (proporção equivalente a 7, 2, 1) a uma condutividade elétrica (CE) de 750 μS cm⁻¹, tomando-se como referência o valor médio da CE encontrado nos cursos de água, especialmente poços, próximos ao local de coleta do solo.

Condução do experimento

As mudas foram transplantadas para os vasos quando apresentavam 32 cm de altura e foram monitoradas durante 134 dias; aos 134 DAT, a parte aérea das plantas foi coletada a 1 cm da superfície do solo e fracionada em folha e caule, pesando-se para obtenção da massa fresca de cada fração da planta; as raízes também foram coletadas com o auxílio de água corrente sobre peneira. Todas as frações (folha, caule e raiz) foram colocadas em estufa de circulação forçada a 65 °C, até estabilização do peso para obtenção da massa seca.

Composição mineral das partes da planta

A massa seca de folha, caule e raiz foram moídas em moinho tipo Willey e realizada a digestão nitroperclórica (Silva, 2009). A determinação dos teores de sódio e potássio foi efetuada por fotometria de emissão de chama; e os teores de cálcio, magnésio, zinco e cobre, por espectrofotometria de emissão óptica em plasma de argônio com acoplamento indutivo. O cloreto foi determinado por extração em água e titulação com nitrato de prata (Malavolta et al., 1989). Com os dados de produção de matéria seca e dos teores dos elementos na folha, caule e raiz, foram calculados os conteúdos extraídos pela planta.

Solo

Nas subamostras de solo coletadas ao final do experimento foram realizadas as análises de: pH em água (EMBRAPA, 1997), carbono orgânico total - COT (Yeomans & Bremner, 1988), Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ trocáveis extraídos por acetato de amônio 1 mol L⁻¹, além da medição da condutividade elétrica, bases solúveis e cloreto no extrato de saturação do solo (Richards, 1954). As determinações de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻ foram realizadas pelos mesmos métodos descritos anteriormente para

a planta. Foram calculadas a soma de bases (SB) e a porcentagem de sódio trocável (PST).

Delineamento e análise estatística

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro blocos e oito repetições, duas por bloco. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e teste de Tukey (p < 0,05) através do Programa SAEG 9.1 (UFV, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição mineral e extração de sais

Com os dados médios de concentração dos elementos (n = 32 amostras) em folha, caule e raiz (Tabela 3), fica evidente o potencial da *Atriplex nummularia* como planta fitoextratora de sais do solo. Observaram-se elevados teores dos elementos avaliados nas folhas, especialmente Na e Cl, com valores bem superiores aos de Ca, Mg e K, confirmando o elevado poder de absorção dos mesmos pela *Atriplex*.

Tabela 3. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, cobre e zinco em folha, caule e raiz de *Atriplex nummularia* cultivada em solo salino sódico, aos 134 dias após o transplantio

Elemento	Unidade	Folha	Caule	Raiz
Ca	g kg ⁻¹	5,24	1,55	3,40
Mg	g kg ⁻¹	6,13	1,13	2,50
Na	g kg ⁻¹	124,73	13,01	15,29
K	g kg ⁻¹	19,33	10,50	7,09
Cl	g kg ⁻¹	149,45	26,52	19,96
Cu	mg kg ⁻¹	1,03	0,35	7,84
Zn	mg kg ⁻¹	40,81	3,74	15,42

Em relação ao conteúdo de sódio nas partes fracionadas da planta, as folhas mantiveram o mesmo padrão observado nas concentrações, chegando a acumular 2,28 g planta⁻¹, enquanto em caule e raiz os valores máximos foram, respectivamente, de 0,32 e 0,34 g planta⁻¹ (Figura 1). Houve efeito significativo dos níveis de umidade aplicados apenas para o sódio nas folhas, em que os tratamentos correspondentes a 75 e 95% da CC foram estatisticamente superiores, retirando mais Na do que aqueles com 35 e 55% da CC.

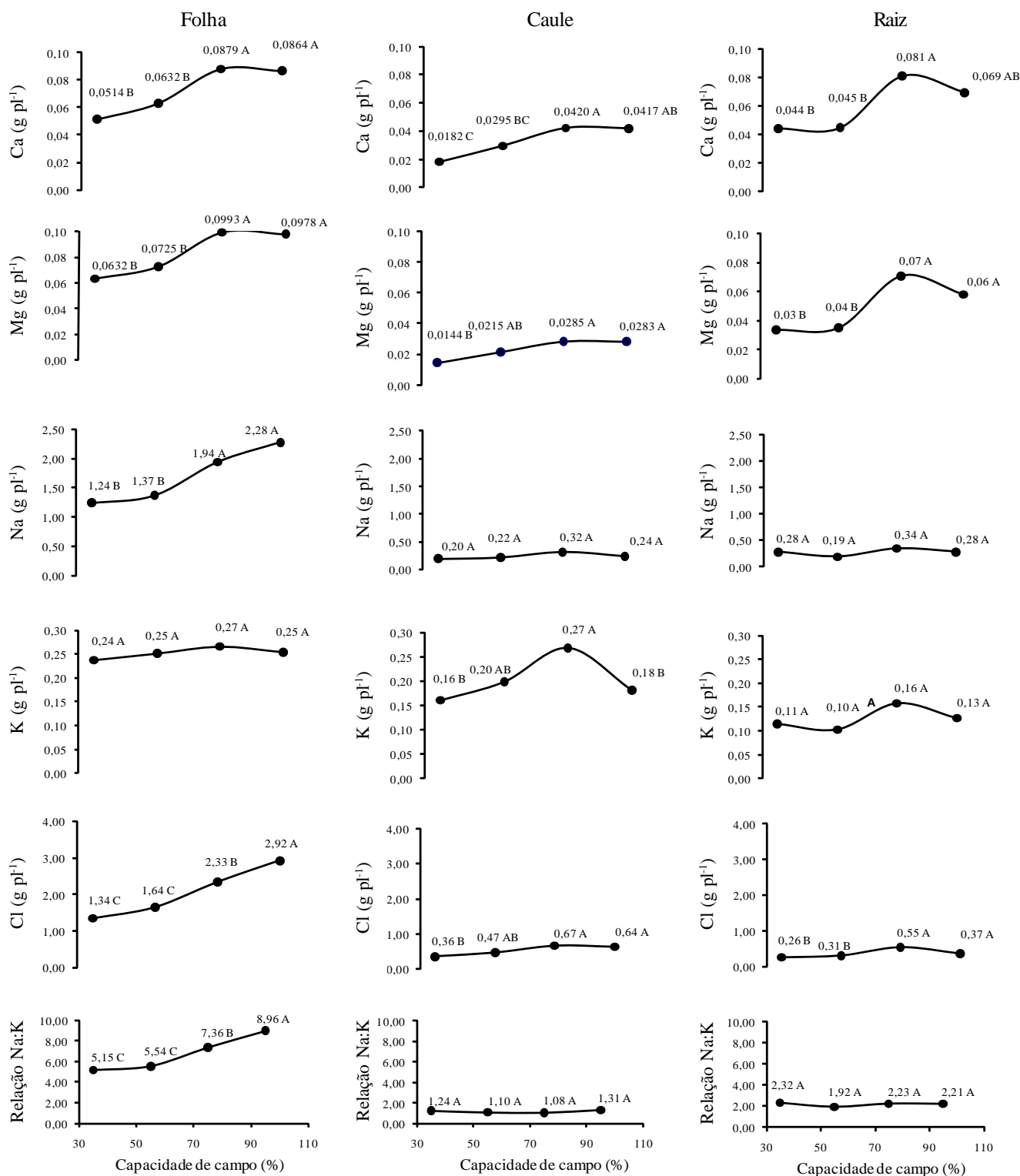


Figura 1. Conteúdos de Ca, Mg, Na, K, Cl e relação Na:K em folha, caule e raiz de *Atriplex nummularia*, em função dos diferentes níveis de umidade do solo, aos 134 DAT

Os conteúdos de potássio foram similares nas três frações da planta e não houve diferenças significativas entre os tratamentos, exceto para o caule. O acúmulo de cloreto ocorreu similarmente ao de sódio nas três frações analisadas, com os maiores conteúdos na folha, alcançando 2,92 g planta⁻¹ no tratamento com 95% da CC. As maiores extrações de cálcio e magnésio pelas partes da planta (folha, caule e raiz) foram

alcançadas no tratamento com 75% da capacidade de campo; entretanto, não diferiram dos resultados com 95% da CC.

Para comparar a capacidade da planta em extrair sódio e potássio, foram calculadas as relações Na:K nas partes da planta, diferindo em função dos tratamentos apenas nas folhas, parte da planta em que esta relação atingiu valores bem superiores aos do caule e raiz. Este resultado também é positivo,

considerando-se que a planta extrai, proporcionalmente, mais sódio que potássio do solo, reduzindo o desequilíbrio iônico em solos sódicos, prejudicial ao crescimento da maioria das culturas.

O conhecimento dos teores de Ca, Mg, Na, K e Cl na folha, caule e raiz da *Atriplex nummularia* Lindl. fornece subsídios para um programa de manejo em áreas salinas, cujos objetivos sejam a extração de sais e/ou a utilização desta planta como forrageira. Norman et al. (2008) encontraram valores de 7,0; 6,7; 52,5; 24,1 e 73,3 g kg⁻¹ de Ca, Mg, Na, K e Cl na massa seca de folhas e caule (< 3 mm de diâmetro) na Austrália. É importante frisar que nessa caracterização as plantas foram cultivadas em solo de textura arenosa com CEes de 3,2 dS m⁻¹; já Leal et al. (2008), cultivando a *Atriplex* em solo com CEes de 25,94 dS m⁻¹ obtiveram uma concentração de 109,7 g kg⁻¹ de sódio na folha, aos 130 DAT. Segundo esses autores, os teores foliares encontrados indicam que esta halófita pode apresentar característica de planta hiperacumuladora de sais.

Verifica-se que a planta alocou sua biomassa na seguinte ordem: caule < folha ~ raiz (Figura 2); já com relação ao acúmulo de sódio, o resultado foi o inverso, concentrando-se nas folhas, para todos os tratamentos.

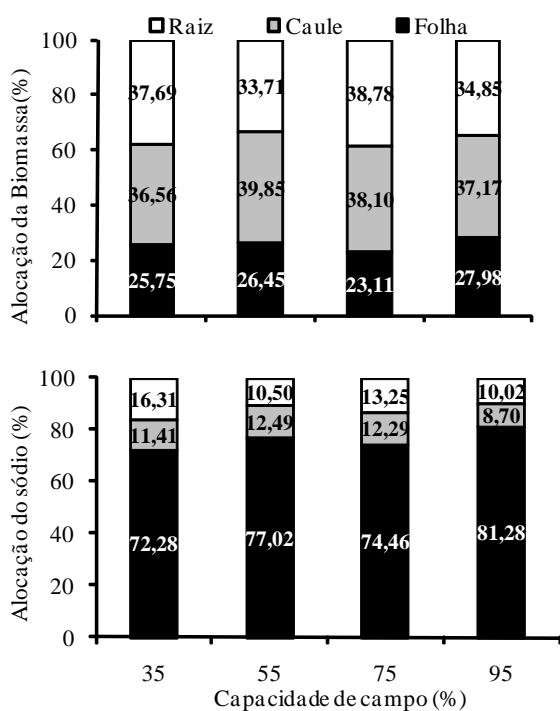


Figura 2. Alocação da biomassa e sódio na folha, caule e raiz de plantas de *Atriplex nummularia*, em função dos níveis da capacidade de campo

Estima-se uma extração de sódio pela biomassa total das plantas de *Atriplex* da ordem de 300,6; 311,0; 454,3 e 489,3 kg ha⁻¹ para 35, 55, 75 e 95% da CC, respectivamente. Desses resultados, as folhas seriam responsáveis por 216,68; 239,40; 339,00 e 398,42 kg ha⁻¹ aos 134 dias de cultivo das plantas. Leal et al. (2008), trabalhando com fitorremediação com *Atriplex* no mesmo tipo de solo, sob cultivo em casa de vegetação, encontraram valores semelhantes de concentração e extração de sódio nas folhas aos 130 DAT.

Quando se considera a remoção de Ca, Mg, Na, K e Cl, pela folha + caule, encontram-se extrações na ordem de 644,25; 757,81; 1.058,55 e 1.182,00 kg ha⁻¹ desses elementos para 35, 55, 75 e 95% da capacidade de campo, respectivamente, comprovando a capacidade da planta na retirada de sais do solo.

Análises de solo

Quando se comparam, através do teste de Tukey ($p < 0,05$), o pH, as bases trocáveis, a soma de bases, a PST e o COT antes e após o cultivo (Tabela 4), observa-se que não houve diferença significativa para SB, COT e Ca²⁺ entre a caracterização inicial e final para todos os tratamentos avaliados, exceto para o Mg²⁺ na testemunha, K⁺ na testemunha e no tratamento com 55% da CC e pH nos tratamentos com 55 e 75% da CC. Observou-se, porém, comportamento diferenciado para o Na⁺ e PST em todos os tratamentos, cujos resultados indicam valores significativamente menores ao final do experimento, exceto para o tratamento controle.

Ao se comparar os tratamentos dentro de cada amostragem, observa-se que para a primeira coleta (caracterização inicial) não houve diferença significativa; já na segunda coleta (ao final do experimento), as variáveis Mg²⁺, Na⁺, K⁺ e PST apresentaram os maiores valores no tratamento controle, aquele que não foi cultivado e que era mantido a 95% da CC, podendo-se atribuir as diferenças, neste caso específico, a alguma ação da planta nos demais tratamentos.

Não houve alteração no valor de carbono orgânico total do solo com o cultivo da planta, nem entre as duas amostragens, possivelmente, pelo tempo reduzido entre as duas coletas de amostras não ter sido suficiente para que esta variável sofresse alteração.

Embora com reduzido tempo de cultivo, foi possível evidenciar a diminuição do sódio trocável no solo, em todos os tratamentos com cultivo de planta, o que indica a eficiência da *Atriplex nummularia* Lindl. na extração de sais e recuperação do solo. Leal et al. (2008) avaliaram o potencial da *Atriplex nummularia* na fitorremediação de solo salino sódico sob irrigação com águas salinas (175, 500 e 1.500 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e verificaram o potencial do gesso como potencializador da fitoextração de sódio (ausência e aplicação de 50% da dose recomendada pela necessidade de gesso), em experimento de casa de vegetação. As avaliações se deram até 130 dias após o transplantio. Os autores afirmam que a *Atriplex nummularia* Lindl. se comportou como planta hiperacumuladora de sódio, possuindo potencial de uso na fitoextração deste elemento no solo; no entanto, só se pôde detectar reduções significativas de sódio no solo a partir de 100 dias após o transplantio. Observa-se a necessidade de estudos a longo prazo, seja em casa de vegetação ou no campo.

Um ponto que merece ser destacado e estudado em futuros trabalhos é uma caracterização detalhada da solução do solo e das entradas e/ou saídas de sais do sistema em que, no caso do presente trabalho, não houve saída, pois o vaso não apresentava drenagem. Outra observação importante que pôde ser extraída dessa pesquisa é que, provavelmente, não houve adsorção de sódio no solo, mesmo tendo sido irrigado com água de CE: 0,75 dS m⁻¹ durante todo o ciclo, sendo esta preparada com predominância de sódio e cloro.

Tabela 4. Valores médios de pH, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ trocáveis, soma de bases (SB), percentagem de sódio trocável (PST) e carbono orgânico total (COT) no solo, antes (AC) e depois do cultivo (DC) de *Atriplex nummularia*, em função dos níveis de umidades adotadas

Tratamento	AC	DC
pH		
35% da CC	8,68 aA	8,58 aA
55% da CC	8,70 aA	8,53 bA
75% da CC	8,66 aA	8,49 bA
95% da CC	8,59 aA	8,51 aA
Testemunha	8,70 aA	8,57 aA
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)		
35% da CC	2,09 aA	2,14 aB
55% da CC	2,22 aA	2,25 aAB
75% da CC	2,18 aA	2,25 aAB
95% da CC	2,23 bA	2,37 aA
Testemunha	2,30 aA	2,40 aA
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)		
35% da CC	0,34 aA	0,25 aBC
55% da CC	0,41 aA	0,37 bBC
75% da CC	0,37 aA	0,34 aC
95% da CC	0,34 aA	0,40 aB
Testemunha	0,33 bA	0,49 aA
PST (%)		
35% da CC	32,29 aA	25,67 bAB
55% da CC	30,68 aA	27,02 bAB
75% da CC	29,69 aA	23,93 bB
95% da CC	32,06 aA	28,02 bA
Testemunha	30,99 aA	29,07 aA
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)		
35% da CC	4,57 aA	4,75 aA
55% da CC	4,89 aA	4,78 aA
75% da CC	5,08 aA	4,99 aA
95% da CC	4,41 aA	4,66 aA
Testemunha	4,82 aA	4,92 aA
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)		
35% da CC	3,35 aA	2,50 bAB
55% da CC	3,37 aA	2,74 bAB
75% da CC	3,22 aA	2,39 bB
95% da CC	3,30 aA	2,88 bAB
Testemunha	3,39 aA	3,20 aA
SB (cmol _c kg ⁻¹)		
35% da CC	10,35 aA	9,74 aA
55% da CC	10,82 aA	10,14 aA
75% da CC	10,84 aA	9,97 aA
95% da CC	10,28 aA	10,30 aA
Testemunha	10,83 aA	11,02 aA
COT (g kg ⁻¹)		
35% da CC	10,35 aA	9,74 aA
55% da CC	10,82 aA	10,14 aA
75% da CC	10,84 aA	9,97 aA
95% da CC	10,28 aA	10,30 aA
Testemunha	10,83 aA	11,02 aA

* Testemunha: Sem cultivo de *Atriplex nummularia* e mantido a 95% da capacidade de campo. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas (compara época de coleta) e maiúscula nas colunas (compara tratamentos dentro de casa coleta) não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

CONCLUSÕES

1. Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, a soma de bases e o carbono orgânico total do solo, permaneceram estáveis entre o início e o final do experimento, em todos os tratamentos; entretanto, o

teor de Na⁺ e a percentagem de sódio trocável foram reduzidos ao final do experimento, indicando um efeito benéfico da *Atriplex nummularia* lindl. na extração de sódio.

2. As altas extrações de Ca, Mg e, principalmente, de Na, K e Cl na planta, evidenciam a potencialidade do uso da *Atriplex nummularia* lindl. em programas de fitoextração em solos afetados por sais.

3. A *Atriplex nummularia* lindl. respondeu ao incremento de umidade do solo quando se consideram o aumento de produção de biomassa e a extração de sais.

LITERATURA CITADA

- Ashraf, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, v.27, p.84-93, 2009
- Ashraf, M.; Akram, N. A. Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: An analytical comparison. *Biotechnology Advances*, v.27, p.744-752, 2009.
- Brocca, L.; Melone, F.; Moramarco, T.; Morbidelli, R. Soil moisture temporal stability over experimental areas in Central Italy. *Geoderma*, v.148, p.364-374, 2009.
- Corrêa, M. M.; Ribeiro, M. R. Levantamento detalhado de solos da Fazenda Nossa Senhora do Rosário. Recife: UFRPE/UFPE/CNPq/BNB, 2001. Relatório de Projeto
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997. 212p.
- Flowers, T. J.; Colmer, T. D. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, v.179, p.945-963, 2008.
- Heathman, G. C.; Larose, M.; Cosh, M. H.; Bindlish, R. Surface and profile soil moisture spatio-temporal analysis during an excessive rainfall period in the Southern Great Plains, USA. *Catena*, v.78, p.159-169, 2009.
- Jordan, F. L.; Yoklic, M.; Morino, K.; Brown, P.; Seaman, R.; Glenn, E. P. Consumptive water use and stomatal conductance of *Atriplex lentiformis* irrigated with industrial brine in a desert irrigation district. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.149, p.889-912, 2009.
- Leal, I. G.; Accioly, A. M. A.; Nascimento, C. W. A.; Freire, M. B. G. S.; Montenegro, A. A. A.; Ferreira, F. L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1065-1072, 2008.
- Liu, X.; Haung, W.; Mori, S.; Tadano, T. Interactive effect of moisture levels and salinity levels of soil on the growth and ion relations of halophytes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.39, p.741-752, 2008.
- Malavolta, E.; Vitti, G.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 219p.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.

- Norman, H. C.; Masters, D. G.; Wilmot, M. G.; Rintoul, A. J. Effect of supplementation with grain, hay or straw on the performance of Weaner Merino sheep grazing old man (*Atriplex nummularia*) or river (*Atriplex Amnicola*) saltbush. *Grass and Forage Science*, v.63, p.179-192, 2008.
- Qadir, M.; Oster, J. D.; Schubert, S.; Noble, A. D.; Sahrawat, K. L. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy*, v.96, p.197-247, 2007.
- Ravindram, K. C.; Venkatesan, K.; Balakrishnan, V.; Chellappan, K. P.; Balasubramanian, T. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.39, p.2661-2664, 2007.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory. 1954. 160p. USDA: Agriculture Handbook, 60.
- Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- Souza, E. R.; Montenegro, A. A. A.; Freire, M. B. G. dos S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.584-592, 2008.
- UFV - Universidade Federal de Viçosa. SAEG 9.1: Sistema de análises estatística. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007. CD-Rom
- Yeomans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1467-1476, 1988.