



Uso de resíduos orgânicos e produtos químicos na remediação de um solo degradado por excesso de sais e sódio⁽¹⁾

Rafael Guimarães Veriato⁽²⁾; Josinaldo Lopes Araujo⁽³⁾; Maria Luíza Cândido Guimarães⁽⁴⁾; Kariolania Fortunato de Paiva⁽²⁾; Edmar Gonçalves de Jesus⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); ⁽²⁾ Estudante; CCTA/UFCG, Pombal, PB; rafael_veriato@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; CCTA/UFCG, Pombal, PB; ⁽⁴⁾ Estudante de Mestrado em Horticultura Tropical; CCTA/UFCG, Pombal, PB; Pombal, PB.

RESUMO: Os solos degradados por excesso de sais e sódio trocável ocorrem principalmente em perímetros irrigados de regiões semiáridas, onde causam impactos negativos sobre o ambiente e sobre os produtores. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com objetivo de avaliar o efeito de corretivos químicos e da incorporação de resíduos orgânicos na remediação de um solo salino-sódico. Os tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado, foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 3, onde foram combinados três tratamentos referentes a incorporação de resíduos orgânicos (sem incorporação, incorporação de esterco bovino na dose de 10% v/v e incorporação de fibra de coco na dose de 10% v/v), três tratamentos referentes ao uso de corretivos (sem corretivo, gesso agrícola e enxofre elementar), com seis repetições. A aplicação de enxofre elementar ou sulfato de cálcio ao solo aumentou os teores de cálcio e magnésio, reduzindo a sua PST, melhorando assim, os atributos químicos do solo. A aplicação de esterco bovino proporciona aumento nos teores de P e K no solo e, quando combinado com enxofre elementar ou sulfato de cálcio eleva os teores de cálcio e magnésio.

Termos de indexação: corretivos da salinidade, esterco bovino, fibra de coco.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela degradação dos solos, causando impactos negativos sobre a produção agrícola e a sustentabilidade de ecossistemas, sobretudo de regiões áridas e semiáridas. A reversão do processo de degradação, bem como a minimização dos seus impactos passa necessariamente pela adoção de técnicas de remediação (Qadir et al., 2007). Dentre as técnicas disponíveis para este propósito, a aplicação de produtos de ação corretiva é a mais adotada, destacando-se o uso de resíduos orgânicos, sulfato ferroso, cloreto de cálcio, gesso agrícola, o ácido sulfúrico e o enxofre elementar (Pereira et al., 2010; Pitman & Laüchili, 2002; Qadir et al., 2007; Leite et al., 2007; Sousa et al., 2012). Dos corretivos citados, o gesso tem sido o mais

empregado, principalmente devido ao seu baixo custo em relação aos demais. Seus efeitos positivos na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo têm sido verificados em diversos trabalhos (Stamford et al., 2007; Leite et al., 2007; Pazhanivelan et al., 2008; Melo et al., 2008; Leal et al., 2008). O enxofre elementar tem sido igualmente relatado na literatura pertinente como um importante corretivo de solos salinizados, principalmente aqueles afetados por excesso de sódio (Stamford et al., 2007; Mohamed et al., 2007).

Segundo Qadir et al. (2007), o uso de produtos corretivos proporciona diminuição dos teores de sódio trocável, nos valores de CEEs e no pH e aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB, utilizando-se amostras de um NEOSSOLO FLÚVICO salino-sódico obtidas aleatoriamente na profundidade de 0-40 cm, de um lote pertencente ao setor de fruticultura do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa-PB.

Tratamentos e condução do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, em esquema fatorial 3 x 3, onde foram combinados dois tratamentos referentes a incorporação de resíduos orgânicos (sem incorporação, incorporação de esterco bovino na dose de 10% v/v solo e incorporação de fibra de coco na dose de 10% v/v), três tratamentos referentes ao uso de corretivos (sem corretivo, gesso agrícola e enxofre elementar). Cada parcela foi constituída por um vaso com 6 dm³ de solo. A determinação da necessidade de gesso (NG) foi calculada com base nos teores de sódio trocáveis do solo. Para isso determinou-se os teores de sódio solúveis + trocáveis e os teores de sódio solúveis em água. Os teores de sódio trocáveis foi obtidos por diferença. A dose de enxofre elementar a ser aplicada, corresponderá à mesma dose de S



aplicada na forma de sulfato de cálcio, ou seja, 0,186 NG. Após a aplicação dos corretivos, os solos foram mantidos por 30 dias com umidade correspondente a 70% da capacidade de campo. A fase seguinte correspondeu à lavagem do solo, onde foi aplicando um volume de água equivalente a duas vezes a porosidade total do solo. Posteriormente, em todos os vasos, foi realizada uma adubação com sulfato de amônio, aplicando 100 mg dm⁻³, totalizando 0,6 g por vaso, diluído em 20 mL de água destilada e aplicou-se também 0,498 g de superfosfato simples em cada vaso. Após o período de incubação e lavagem do solo, foi realizada a incorporação de 10% de esterco bovino e 10% de fibra de coco comercial sobre o volume total do solo nos vasos correspondentes a cada tratamento. Durante o período experimental, em todos os vasos, incluindo os sem adição de resíduos orgânicos, os solos foram mantidos úmidos com 70% da capacidade de campo. Após 20 dias de incubação do solo com os resíduos orgânicos, procedeu-se uma nova lavagem do solo, assim como uma nova caracterização do mesmo.

Análise estatística

A análise estatística das variáveis experimentais consistiu na análise de variância e teste de médias (Tukey) ao nível de 5% com o auxílio do software SISVAR®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos de correção do solo, antes da aplicação dos resíduos orgânicos, influenciaram os atributos químicos do solo. Observou-se que, independente do tratamento aplicado, gesso agrícola ou enxofre elementar, houve diminuição dos valores de pH, dos teores de sódio trocáveis, da porcentagem de sódio trocável (PST), da condutividade elétrica (CE1:5), e aumento nos teores de cálcio e magnésio (**Tabela 1**).

O enxofre elementar, por ter reação ácida, foi o que mais reduziu o pH do solo, entretanto, a aplicação de gesso agrícola ou enxofre elementar proporcionaram maiores incrementos nos teores de cálcio e magnésio e a diminuição da PST do solo. A diminuição do pH pela aplicação do gesso agrícola é decorrente principalmente do deslocamento do sódio do complexo de troca, sendo substituído pelo cálcio do corretivo. Nesse processo, o sódio é deslocado para a solução do solo visando reagir com ânions de sulfatos, formando sulfato de sódio o qual é removido após a lavagem, assim o sulfato de cálcio favorece a lixiviação do sódio e dos íons de HCO₃⁻, contribuindo para a diminuição do pH do solo

(Vital et al., 2005; Leite et al., 2007).

Quanto ao enxofre, a diminuição do pH deve-se a sua oxidação biológica, a qual gera ácido sulfúrico no solo (Stamford et al., 2007). Assim, o sulfato e os íons H⁺ gerados pela oxidação biológica do enxofre, favoreceram a lixiviação de sódio e íons HCO₃⁻ (Leite et al., 2007). Contribuindo também para a solubilização de minerais primários contendo Ca⁺² e Mg⁺², elevando assim os teores trocáveis desse elementos. Resultados semelhantes foram observados em Sousa et al. (2012), Sá et al. (2013). Os teores de potássio foram superiores antes dos tratamentos, isso ocorreu devido à aplicação da lâmina de lixiviação, sendo esse elemento de fácil remoção pela a água através da lixiviação (Ribeiro et al., 2003). O comportamento dos atributos químicos do solo do extrato de saturação (**Tabela 3**), em parte difere dos obtidos no complexo sortivo (**Tabela 1**). Verificou-se que ao aplicar os tratamentos diminuiu os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), com a aplicação de gesso agrícola ou enxofre elementar proporcionaram menores valores da CEes e pH. Entretanto não foi observado diferença significativa nos valores de sódio, magnésio, potássio e a relação de adsorção de sódio, em relação aos tratamentos aplicados, resultados diferentes foram observados por Sousa et al. (2012), Sá et al (2013).

Após a aplicação dos resíduos orgânicos ao solo, seguido de nova lavagem, houve um decréscimo nos valores de pH, CEes e nos teores de sódio (**Tabela 2**), quando comparados com os valores de sua caracterização inicial (solo sem corretivo e sem lavagem). Contudo, estas variáveis não sofreram influência dos corretivos empregados. Por outro lado, houve aumento nos teores de Ca⁺² + Mg⁺² devido, provavelmente a lixiviação do sódio, aos corretivos e a aplicação de resíduos vegetais ao solo. A adição de esterco bovino proporcionou, juntamente com adição de enxofre elementar ou sulfato de cálcio, um maior incremento nos teores de Ca⁺² e Mg⁺², comparado ao solo sem corretivo. Quanto aos teores de K e P, a adição de esterco bovino aumentou significativamente seus teores (**Tabela 2**). De acordo com Freire & Freire (2007), condicionadores orgânicos podem promover um aumento nos teores de Ca⁺², em virtude da diminuição dos teores trocáveis de sódio. Avaliando o efeito do enxofre elementar, Sá et al. (2013), observaram correlações negativas entre o pH e os teores de Ca⁺², Mg⁺² e K⁺ devido à remoção do sódio do complexo por esses íons gerados durante a oxidação do enxofre. Após a aplicação da lâmina de lixiviação, os teores de K⁺ diminuíram. Esse fato



deve-se ao K^+ ser de fácil remoção devido ao seu elevado raio hidratado, diferentemente do comportamento do Ca^{+2} e do Mg^{+2} (Ribeiro et al., 2003).

Tabela 1. Atributos químicos do solo, em função dos tratamentos.

Tratamento	pH	CEes	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	RAS
		$dS\ m^{-1}$	----- $mmol_c\ L^{-1}$ -----				$(mmol_c\ L^{-1})^{-0,5}$
SC	9,82a	4,17a	20,74a	7,91a	7,29a	1,09a	7,67a
CaSO ₄	8,95b	2,81b	18,25a	9,16a	2,18b	1,63a	7,90a
S°	8,77b	2,79b	18,97a	7,29a	2,29b	1,37a	8,79a
CV(%)	2,26	27,59	13,90	36,84	47,14	61,18	15,65

SSL: Solo sem corretivo e sem lavagem; SC: Solo sem corretivo; CaSO₄: Solo com sulfato de cálcio S°: Solo com enxofre elementar; CE_{1:5}: condutividade elétrica do solo obtida na proporção solo:água 1:5; PST: percentagem de sódio trocável. Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si (Tukey a 5%).

Tabela 2. Efeito de tratamentos e corretivos sobre os atributos químicos do solo.

Correção do solo	Resíduos orgânicos		
	Esterco bovino	Fibra de coco	Sem adição de resíduo
	-----pH (CaCl ₂)-----		
SC	7,76 aA	7,65 aA	8,00 aA
CaSO ₄	7,58 aA	7,64 aA	7,87 aA
S°	7,56 aA	7,62 aA	7,65 aA
	-----CE _{1:5} (dSm ⁻¹)-----		
SC	0,71 aA	0,58 aA	0,57 aA
CaSO ₄	0,63 aA	0,49 aA	0,60 aA
S°	0,60 aA	0,47 aA	0,52 aA
	-----Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³)-----		
SC	3,50 bA	2,85 bAB	2,17 bB
CaSO ₄	5,47 aA	4,06 aB	3,50 aB
S°	5,30 aA	4,06 aB	3,27 aC
	-----Ca (cmol _c dm ⁻³)-----		
SC	2,07 bA	1,83 bA	0,90 bB
CaSO ₄	3,23 aA	2,67 aA	2,76 aA
S°	2,77 aA	2,87 aAB	2,23 aB
	-----Mg (cmol _c dm ⁻³)-----		
SC	1,43 bA	1,01 aA	1,27 aA
CaSO ₄	2,23 aA	1,20 aB	0,73 aB
S°	2,33 aA	1,40 aB	1,04 aB
	-----K (cmol _c dm ⁻³)-----		
SC	0,27 aA	0,19 aAB	0,12 aB
CaSO ₄	0,31 aA	0,16 aB	0,15 aB
S°	0,27 aA	0,15 aB	0,10 aB
	-----Na (cmol _c dm ⁻³)-----		
SC	2,40 aA	2,38 aA	2,33 aA
CaSO ₄	2,28 aA	2,12 aA	2,35 aA
S°	2,07 aA	2,02 aA	2,20 aA
	-----PST (%)-----		
SC	39,02 aB	44,11 aAB	50,34 aA
CaSO ₄	28,37 bB	33,31 bAB	39,25 bA
S°	27,20 bB	32,39 bAB	39,48 bA
	-----P (mgdm ⁻³)-----		
SC	21,18 aA	7,25 aB	7,55 aB
CaSO ₄	20,00 aA	7,44 aB	7,72 aB
S°	20,41 aA	6,77 aB	6,97 aB

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si (Tukey a 5%). SC = Solos sem correção; CaSO₄ = Solo corrigido com sulfato de cálcio e S° = Solo corrigido com enxofre elementar. PST = percentagem de sódio trocável.



Tabela 3. Atributos químicos do extrato de saturação do solo após a aplicação de corretivos e lavagem.

Tratamento	pH	CEes dS m ⁻¹	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{-0,5}
SC	9,82a	4,17a	20,74a	7,91a	7,29a	1,09a	7,67a
SG	8,95b	2,81b	18,25a	9,16a	2,18b	1,63a	7,90a
SS ^o	8,77b	2,79b	18,97a	7,29a	2,29b	1,37a	8,79a
CV(%)	2,26	27,59	13,90	36,84	47,14	61,18	15,65

SC: Solo sem corretivo; SG: Solo com gesso; SS^o: Solo com enxofre elementar; CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS: relação de adsorção de sódio. Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si (Tukey a 5%).

CONCLUSÕES

A aplicação de enxofre elementar ou sulfato de cálcio ao solo aumenta os teores de cálcio e magnésio, reduzindo a sua PST.

A aplicação de esterco bovino proporciona aumento nos teores de P e K no solo e, quando combinado com enxofre elementar ou sulfato de cálcio eleva os teores de cálcio e magnésio.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilização da Infraestrutura necessária a execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J.C. L. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBSCS, 2007. cap.16,p.929-954.

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, 32:1065-1072, 2008.

LEITE, E.M.; CAVALCANTE, L.F.C.; DINIZ, A.A.; SANTOS, R.V.; ALVES, G.S.; LUCENA, CAVALCANTE, I.H.L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. Irriga, v.12, p.168-176, 2007.

MELO, R.M.; BARROS, M.F.C.; SANTOS, P.M.; ROLIM, M.M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral1, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12:376-380, 2008.

MOHAMED, A.I.; ALI, O.M.; M.A.; MATLOUB, M.A. Effect of soil amendments on some physical and chemical properties of some soils of Egypt under saline irrigation water. African Crop Science Conference Proceedings. v. 8. p. 1571-1578, 2007.

PAZHANIVELAN, S.; AMANULLAH, M.M.; VAIYAPURI, K.; ATHYAMOORTHY, K.; HAMANI, S. Influence of Planting Techniques and Amendments on the Performance of Tamarind (Tamarindus indicus) and Changes in Soil Properties in Rainfed Alkali Soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4: 285-288, 2008.

PEREIRA, E.B.; SOUSA, F.Q.; ARAUJO, J.L.; NASCIMENTO, M.G.R.; LIMA, G.S. Desempenho de corretivos na recuperação de um solo salino-sódico do semiárido Paraibano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS (Fertbio). 29., Guarapari, 2010. Anais. Guarapari, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. CD-ROM.

PITMAN, M.G., LAÜCHLI, A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Salinity: Environment-Plants-Molecules (A. Laüchli & U. Lüttge, Eds.), pp. 3-20. Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands. 2002.

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.

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J. & MONTENEGRO, A.A.A. Solos Halomórficos do Brasil: Ocorrência, Gênese, Classificação, Uso e Manejo Sustentável. In: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ, V.H. Tópicos em Ciência do Solo. Soc. Bras de Cic do Solo. v. 3, Viçosa, 2003.

SÁ, F. V. S.; ARAUJO, J. L ; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. Revista Ceres (Online), v. 3, p. 388-396, 2013.

SOUSA, F.Q.; ARAUJO, J.L.; SILVA, P.S.; PEREIRA, F.H.F.; SANTOS, R.V.; LIMA, G.S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.6, p.173-181, 2012.

STAMFORD, N.P.; M.R. RIBEIRO, M.R.; CUNHA, K.P.V. Effectiveness of sulfur with Acidithiobacillus and gypsum in chemical attributes of a Brazilian sodic soil. World Journal Microbiology Biotechnology, 23:1433-1439, 2007.

VITAL, A.F.M.; SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.C.; SOUTO, J.S. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.30-36, 2005.