
REVISÃO DE LITERATURA

Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais

Maxwell Martins de Araújo¹; Gláucio de Menezes Sousa¹; Larissa Raquel Carvalho Carolino Rodrigues¹

Resumo: A salinidade e a sodicidade do solo estão entre as principais causas da degradação do ambiente semiárido. Os efeitos da salinização sobre as plantas causam dificuldades na absorção de água e na redução do crescimento dessas plantas. Apesar disso, este trabalho busca mostrar algumas intervenções técnicas utilizadas na recuperação das propriedades físico-químicas desses solos por meio de utilização de corretivos químicos como gesso, ácido sulfúrico e enxofre elementar, matéria orgânica, chorume e algumas espécies de plantas, conhecidas como halófitas, que são capazes de extrair quantidades elevadas de sais do solo, como também a utilização de uma irrigação adequada. Essas técnicas são muito importantes, pois possibilita o retorno desse solo a produção agrícola.

Palavras-chave: Matéria orgânica; Fitoextração; Salinidade; Sodicidade.

Techniques used in the recovery of soils affected by salts

ABSTRACT: Soil salinity and sodicity are among the main causes of the degradation of the semiarid environment. The effects of salinization on plants cause difficulties in the absorption of water and in the reduction of the growth of these plants. In spite of this, this work seeks to show some technical interventions used to recover the physicochemical properties of these soils through the use of chemical correctives such as gypsum, sulfuric acid and elemental sulfur, organic matter, slurry and some plant species known as halophytes, Which are able to extract high amounts of salts from the soil, as well as the use of adequate irrigation. These techniques are very important because it allows the return of this soil to agricultural production.

Keywords: Organic matter; Phytoextraction; Salinity; Sodicity.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 06/07/2017; aprovado em 12/12/2017

¹Mestrando pelo programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustrial, Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Pombal, E-mail. arauj0@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Estima-se que no mundo 19,5% das terras irrigadas e 2,1% das não irrigadas estejam afetadas pelos sais. A salinização dos solos é particularmente evidente nas regiões áridas e semiáridas, atingindo em torno de 25% das áreas irrigadas. Estima-se também que nessas regiões ocorra uma perda de cerca de 1,5 milhões de hectares de terras aráveis a cada ano devido ao acúmulo de sais (FAO, 2006).

De acordo com a FAO (2006), a área total de solos afetados por sais no mundo é de 831 milhões de hectares. Este total inclui 397 milhões de hectares de solos salinos e 434 milhões de hectares de solos sódicos. Tais solos são encontrados predominantemente em climas áridos e semiáridos e ocorrem em mais de 100 países em todos os continentes, com exceção da Antártida.

Através de levantamento bibliográfico sobre efeito dos sais sobre a água e o solo, Azededo et al., (2017) concluiu que é essencial o estudo e monitoramento, para que possa encontrar soluções para os problemas de salinização e estabelecer estratégia de manejo sustentável, visando subsidiar práticas de conservação do solo e da água.

No Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem principalmente na região Semiárida do Nordeste. Estimativas feitas por Pereira et al., (1986) relacionam uma área de 91.000 Km² desses solos no Nordeste Brasileiro. Além disso, com o aumento da população e a pressão econômica para produzir alimentos, teve como resultado o aumento de solos degradados por salinidade e sodicidade, devido à expansão das áreas irrigadas em terras marginais, o uso de água salina na irrigação, o uso excessivo de fertilizantes, o manejo inadequado da água e do solo e ausência de drenagem, originando grandes prejuízos para a economia regional (RIBEIRO, 2010). A estimativa é que de 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentam problemas de salinização (FAO, 2006). Este problema é mais visível na região Nordeste mais especificamente nos Perímetros Irrigados, encontrados no polígono das secas, onde aproximadamente 52% da superfície é semiárida (HOLANDA *et al.*, 2010).

O excesso de sais e de sódio é um dos principais fatores responsáveis pela degradação dos solos, causando impactos negativos sobre a produção agrícola e sobre a sustentabilidade de ecossistemas, sobretudo de regiões áridas e semiáridas (Qadir et al., 2007).

Os efeitos da salinização sobre as plantas são causados pelas dificuldades na absorção de água e íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos, fazendo com que haja redução no crescimento e desenvolvimento dessas plantas (FREIRE et al., 2010).

A sodicidade e, ou salinidade, causa mudanças físicas e químicas no solo, alterações essas que ocasiona modificações nas espécies vegetais nos quais são cultivadas (Quadir et al., 2007). A salinidade desempenha resultados complexos sobre as plantas como o efeito das interações iônicas, osmótica e nutricional (Hazegawa et al., 2000). O pH elevado, os sais e sódio trocável em demasiada quantidade, os atributos físicos indesejados e a pequena disponibilidade de nutrientes constantemente atrasam o crescimento natural das culturas nesses solos, ainda que esse resultado aconteça em diferentes veemências conforme a capacidade de suporte das espécies (Hasegawa et al., 2000).

A origem dos problemas de salinidade é produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo (DIAS, 2004). A salinidade é um problema que atinge cerca de 45 milhões (19,5%) dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre. O excesso de sais limita severamente a produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2006).

Segundo Oliveira (1997) a salinização induzida pelo homem é mais perceptível em ambientes de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no curso do ano. A salinização induzida se manifesta em decorrência da irrigação praticada nessas áreas, onde o controle da drenagem não é feito ou feito de forma ineficiente. Do ponto de vista antrópico há muitos outros fatores.

Em solos salino sódicos, o emprego de corretivos como o gesso, o ácido sulfúrico, o enxofre elementar e matéria orgânica, têm sido largamente difundido na literatura pertinente (Stamford et al., 2007; Qadir et al., 2007; Leal et al., 2008; Pazhanivelan et al., 2008). Quando empregado corretamente, tais corretivos têm se mostrado eficientes na melhoria das condições químicas e físicas do solo, por facilitar a remoção do excesso de sódio trocável, proporcionando diminuição do índice de saturação de sódio e estabelecimento de um pH mais apropriado para o adequado desenvolvimento das plantas e melhoria da estrutura do solo (Suarez, 2001; Pereira et al., 2010; Sousa et al.; 2012).

Existem algumas espécies de plantas, conhecidas como halófitas, que são adaptadas a altos níveis de salinidade e são capazes de extrair quantidades elevadas de sais do solo e tem uma boa produção de biomassa vegetal, podendo ser utilizada na alimentação dos animais de produção (FREIRE et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Segundo Freire & Freire (2007), as áreas salinas e sódicas só deixarão de se expandir no Brasil quando houver maior preocupação

com os efeitos da irrigação sobre a capacidade produtiva dos solos, adotando práticas de manejo adequadas para evitar a salinização de locais ainda não afetados pelo problema e também com a melhoria das condições dos solos afetados.

DESENVOLVIMENTO

USO DE MATÉRIA ORGÂNICA NA RECUPERAÇÃO DE SOLO AFETADO POR SAIS

Segundo Freire & Freire (2007), condicionadores orgânicos (esterco de curral, casca de arroz e vinhaça) podem contribuir na redução da percentagem de sódio trocável (PST) devido, possivelmente à liberação de CO₂ e ácidos orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, além de atuarem como fontes de cálcio e magnésio, em detrimento do sódio, além de conter vários nutrientes para as plantas como nitrogênio e fósforo, contribuindo significativamente para a nutrição vegetal.

Experimentos foram realizados e puderam constatar que a adição de matéria orgânica ao solo em diferentes concentrações se revela como uma alternativa de recuperação da fertilidade de Neossolos flúvicos degradados pela salinização devido o manejo inadequado do solo (Silva, 2014) e a utilização de técnicas de irrigação mal supervisionadas, onde os tratamentos que demonstraram redução mais significativa foram com adição de água deionizada ou solução desta com chorume, pois podem apresentar percentuais de diminuição de sódio de até 33%, e, conseqüente aumento de cálcio e magnésio, 45% e 212% respectivamente. Destaca-se, também, o fósforo como elemento que teve concentrações elevadas devido adição de matéria orgânica.

A matéria orgânica mesmo não sendo considerada um corretivo químico, exerce efeitos positivos na melhoria química e física dos solos afetados por sais (GHEYI *et al*, 1995). Apesar de seus baixos valores quantitativos, principalmente em cálcio, promove a liberação de CO₂ e estimula a oxidação biológica e a atividade microbiana resultando na diminuição da CEes, PST e aumentando a dinâmica da água no solo (SILVA, 1997).

Trabalhos realizados pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, como por exemplo, Gheyi *et al.*, (1995) e Silva, (2004) mostram

resultados satisfatórios com a utilização de condicionadores como gesso, ácido sulfúrico, enxofre ou aplicação de grandes quantidades de matéria orgânica.

Já Joachim, Makoi e Ndakidemi (2007) demonstraram que a combinação de esterco e gesso é provavelmente a melhor escolha na melhoria das propriedades físico-químicas do solo e produtividade de milho em solos sódicos. Mas, segundo os mesmos autores, essas influências benéficas só foram notadas quando as aplicações foram estendidas para o segundo ano.

USO DE CORRETIVOS QUÍMICOS NA RECUPERAÇÃO DE SOLO AFETADO POR SAIS

As técnicas aplicadas para corrigir esses solos trabalham como a utilização de água de boa qualidade para o processo de limpeza do solo e aplicação de produtos como gesso agrícola, enxofre elementar, ácido sulfúrico e sulfato ferroso. Em solos sódicos ou salino-sódicos, utilizasse de preferencia os produtos de reação ácida, isto por conta do elevado pH desses tipos de solos (Qadir et al., 2007).

Dos corretivos acima citados o gesso é o mais utilizado, sobretudo devido o seu baixo custo quando comparado com os demais corretivos químicos. O ácido sulfúrico é outro corretivo químico que pode ser aplicado em solos salino-sódicos ou salinos, o mesmo tem como principal característica uma alta eficiência em diminuir o pH dos solos para condições mais adequadas para as plantas (Amezketta et al., 2005).

Apesar disso, o ácido sulfúrico tem com desvantagem seu elevado custo e a necessidade de um empenho maior no que diz respeito ao cuidado no seu manejo, por conta dos riscos de acidentes com seu manuseio.

Já o enxofre elementar apresenta características análogas ao ácido sulfúrico quanto à correção dos solos salino-sódicos, já que após o processo de oxidação do enxofre elementar no solo por meio da ação de bactérias *Thiobacillus thiooxidans* combinado com o processo de hidrólise da água, dão origem ao ácido sulfúrico, diminuindo o pH do solo (Stamford et al. 2007).

FITORREMEDIAÇÃO

A fitoextração é uma técnica de fitorremediação que utiliza plantas halófitas que são capazes de absorver e acumular o sódio na sua parte aérea, podendo ser removida e utilizada

para outros fins, como por exemplo, na alimentação para os animais de produção, sendo utilizada como recurso forrageiro, visto que, essas plantas são boas produtoras de biomassa vegetal, apresentam um importante suporte protéico e boa aceitabilidade pelo gado (IPA, 2004).

Dentre as halófitas, a espécie *Atriplex nummularia* também vem sendo utilizada como planta ornamental no paisagismo e na floricultura (MAIA et al., 2003; SILVA et al., 2003) e ainda apresenta taxas de absorção de sais que atingem 1,15 t há¹ ano¹ (PORTO et al., 2001).

A fitoextração é uma técnica emergente onde utiliza plantas com a capacidade de transferir os sais do solo, das raízes para a parte aérea, de forma mais econômica para os produtores e sem agredir o meio ambiente (LEAL, et al., 2008).

Entre as plantas halófitas, a *Atriplex nummularia* Lindl (conhecida popularmente como Erva-sal) representa uma espécie de tamanha importância para participar do processo de fitoextração de sais nos solos salinos, devido à sua capacidade de adaptação à salinidade e deficiência hídrica, desenvolvendo-se bem em regiões áridas e semiáridas (LEAL et al., 2008; Souza, 2010; SOUZA et al., 2012). A *Atriplex nummularia* apresenta em sua composição 17% de proteína bruta e 70% digestibilidade (IPA, 2004).

Para que o processo de fitoextração em solo salino sódico seja eficiente é recomendável que a espécie cultivada seja hiperacumuladora de sais e que produza grande quantidade de biomassa para que extração dos sais seja satisfatória. A *Atriplex nummularia* é ideal para esse processo, visto que essa planta tem boa produção de biomassa, e afinidade na absorção de sais (Ravindram et al., 2007; LEAL, et al., 2008; Krishnapillai et al., 2005).

Os experimentos conduzidos com plantas halófitas com o intuito de fitorremediar os solos salinos são escassos, mas existem trabalhos que foram utilizadas as seguintes espécies: *Atriplex nummularia* L. (SOUSA, 2011), *Panicum turgidum* e *Suaeda fruticosa* (KHAN et al., 2009) e *Brachiaria mutica* Shum (FILHO et al., 2015). Alguns trabalhos são realizados em associação aos corretivos químicos, para fazer com que o processo de fitorremediação torne-se mais rápido, pois apesar de ser um processo economicamente viável, esse é bem mais lento do que quando em consórcio com os corretivos químicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de recuperação do solo são muito importantes, pois possibilitam o retorno desse solo ao processo de produção agrícola, entre essas técnicas pode-se destacar a utilização de corretivos químicos, orgânicos e a fitoextração.

A correção dos solos sanilizados com adição de corretivos químicos aumenta o desenvolvimento e a produção de matéria seca das espécies, onde a aplicação de gesso agrícola ou enxofre elementar traz melhorias químicas ao solo, reduz a sodicidade e a alcalinidade do solo e aumenta os níveis de magnésio e cálcio do mesmo, diminuindo a percentagem de sódio.

O uso de matéria orgânica se mostra eficiente para redução da quantidade de sódio, no solo, e, com a adição de chorume, possibilita melhores respostas, quanto a fertilidade do solo, proporcionando ainda um aumento significativo dos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio, que se configuram como elementos essenciais na recuperação de solos afetados pela salinização.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. R L.; BEZERRA, D. E. L.; SOUTO, F. M.; BITU, S. G.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. *Revista de Agroecologia no Semiárido*, v.1, n.1, p. 01 – 12, 2017.

AMEZKETA, E.; ARAGÜÉS, R.; GAZOL, R. Efficiency of Sulfuric Acid, Mined Gypsum, and Two Gypsum By-Products in Soil Crusting Prevention and Sodic Soil Reclamation. *Agron. J.*, 97:983–989, 2005.

DIAS, N. S. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido. 2004. 110 f. Tese (Doutorado em irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

FAO. Water in agriculture: opportunity untapped. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

FILHO, J. N; SILVA, S. M. S; SOUSA, A. R; KARASAWA, M; SANTOS, V. F. Fitoextração de sais do solo por capim-angola irrigado no Vale do São Francisco, Pernambuco. **IRRIGA Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 67-73, 2015.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. *In*: NOVAIS, R. F. *et al.* Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.929-954.

FREIRE, M. B. G. S; SOUZA, E. R; FREIRE, F. J; **Fitorremediação de solos afetados por sais**. *In*: GHEYI, H. R; DIAS, N. S; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT, Sal, 2010. P. 459-470.

GHEYI, H. R. *et al.* Comparação de métodos na recuperação de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.2, p.173-178, 1995.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annu. Rev. Plant. Phys**, 51: 463–499, 2000.

HOLANDA, J. S. *et al.* Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 43-61.

IPA- Instituto Agrônomo de Pernambuco. Sessão de índices pluviométricos. Disponível em: <http://www.ipa.br/indice_pluv.php#calendario_indices> Acesso em 20 de maio de 2017.

JOACHIM H, MAKOI JR, NDAKIDEMI PA. Reclamation of sodic soils in northern Tanzania, using locally available organic and inorganic resources. **African Journal of Biotechnology**, v.6, n.16, p.1926–1931, 2007.

KHAN, M. A; ANSARI, R; ALI, H; GUL, B; NIELSEN, B. L; ***Panicum turgidum*, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline áreas.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 129, p. 542-546, 2009.

KRSHNAPILLAI, M; RANJAN, R. S. **Evaluating the phytoremediation potencial of *Atriplex patuta* os salt contaminated soil.** Written for presentation at the CSAE/SCGR. 2005; Meeting Winnipeg, Manitoba.

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 numulária* e gesso de jazida. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1065-1072, 2008.

MAIA, S. M; SILVA, V. A; LOGES, V; SILVA, V. M. B; MAIA, L. M. C. & CASTRO, A. C. R. **Potencial de uso de espécies de *Atriplex* no paisagismo.** In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 14, Lavras, 2003. Anais. Lavras, 2003. p. 15.

PAZHANIVELAN, S.; AMANULLAH, M.M.; VAIYAPURI, K.; ATHYAMOORTHI, K.; RADHAMANI, S. Influence of Planting Techniques and Amendments on the Performance of Tamarind (*Tamarindus indicus*) and Changes in Soil Properties in Rainfed Alkali Soil. **Res. J. Agr. Biol. Sci.**, 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.

PORTO, E. R; AMORIM, M. C. C. & SILVA JUNIOR, L. G. A. Uso de rejeito de dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 111- 114, 2001.

QADIR, M.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A.D.; SAHRAWAT, K.L. Phytoremediation of Sodic and Saline- Sodic Soils. **Adv. Agron.**, 96:197-247, 2007.

RAVIDRAM, K. C; VENKATESAN, K; BALAKRISHNAN, V; CHELLAPPAN K. P; BALASUBRAMANIAN, T. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology an Biochemistry*, 2007. v. 39, p. 2661- 2664.

RIBEIRO, M. **Ordem e classificação dos solos afetados por sais.** In: GHEYI, H. R; DIAS, N. S; LACERAD, C. F. Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados, Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 12- 19.

SANTOS, M. A; FREIRE, M. B. G. S; ALMEDA, B. G; LINS, C. M. T; SILVA, E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 397-404, 2013.

SILVA, A. K. O. Biorremediação de solos salinizados procedentes de áreas em processo de desertificação mediante uso do líquen *Cladonia verticillaris* (RADDI) FR. Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2014. 158 p.

SILVA, M. R. M. Viabilidade de uso de vinhaça na recuperação de um solo salino-sódico. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

SILVA, V. A; MAIA, S.M; LOGES, V; MAIA, L. M. C; SILVA, V. M. B; COSTA, A. S. & CRUZ, S. R. C. L. **Potencial de uso de espécies de Atriplex na floricultura.** In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, v. 14, Lavras, 2003. Anais. Lavras, 2003. p. 48.

SILVA, E. F. F. Avaliação da eficiência de diversos produtos na recuperação de solo salino-sódico e no desenvolvimento e produção da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). 1997, 70f.

Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1997.

SOUSA, F.Q.; ARAÚJO, 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. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, 6:173–181, 2012.

SOUZA, E. R; FREIRE, M. B. G. S; NASCIMENTO, C. W. A; MONTENEGRO, A. A. A; FREIRE, F. J; MELO, H. F. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. Sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 477-483, 2011

SOUZA, E. R. **Fitorremediação de Neossolo flúvico sódico salino de Pernambuco com *Atriplex nummularia***. Recife: UFRPE, 2010. p. 75. Tese de Doutorado.

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 J. Microbiol. Biotech.**, 23:1433-1439, 2007.

SUAREZ, D.L. Sodic soil reclamation: Modelling and field study. **Australian J. Soil Res.** 39: 1225–1246, 2001.