

Potencial da espécie invasora *Cryptostegia madagascariensis* em solos salinizados

Jailma dos Santos de Medeiros¹ , Francisco de Oliveira Mesquita² , Leonaldo Alves de Andrade¹ , Cleiton José de Oliveira³ & Edlânia Maria de Souza⁴

- (1) Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Centro de Ciências Agrárias, Campus Universitário, Cidade Universitária, Areia 58397-000, Paraíba, Brasil. E-mail: jailmagronomia@hotmail.com, leonaldo@bol.com.br
- (2) Universidade Federal do Cariri – Campus Crato, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Rua Ícaro de Sousa Moreira, S/N, Barro Branco, Crato 63130-025, Ceará, Brasil. E-mail: mesquitaagro@yahoo.com.br
- (3) Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte, Rua Sérvulo Pereira, Centro, Cerro Corá 59395000, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: cleitonpara@hotmail.com
- (4) Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Setor de Sementes, Programa de Pós-Graduação Agronomia/Fitotecnia, Campus universitário 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: edlania@bol.com.br

Medeiros J.S., Mesquita F.O., Andrade L.A., Oliveira C.J. & Souza E.M. (2019) Potencial da espécie invasora *Cryptostegia madagascariensis* em solos salinizados. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 3(2): 178–188. <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v3i2.1274>

Editora acadêmica: Letícia Carvalho Benitez. **Recebido:** 05 Novembro 2018. **Aceito:** 11 Setembro 2019. **Publicado:** 08 Novembro 2019.

Resumo: Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação com vistas a avaliar os efeitos da salinidade nas características químicas de dois tipos de solo, bem como sobre a emergência e desenvolvimento inicial de plantas de *Cryptostegia madagascariensis*. Primeiramente, o material de um Neossolo Flúvico e de um Vertissolo foi irrigado com água salina (0.3; 1.0; 2.0 e 4.0 dS m⁻¹). Em seguida, foram acondicionados 19 kg de cada substrato em vasos plásticos com capacidade para 21 L. Os tratamentos foram arranjados em blocos casualizados, com quatro repetições, tendo sido retiradas amostras de solo de cada unidade experimental para análise. O experimento foi instalado com dez sementes por vaso e no 10^o dia após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. As variáveis avaliadas foram: emergência de plântulas, diâmetro do caule ao nível do solo, altura de plantas, número de folhas, área foliar e tamanho das folhas aos 152 DAS. O acréscimo da salinidade elevou os níveis de Sódio, Magnésio, Potássio, Percentual de Sódio Intercambiável (PSI), Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e Percentual de Sódio Trocável (PST) em ambos os solos, com exceção do pH no Vertissolo. Foi verificado decréscimo na emergência das sementes no Vertissolo, porém, não se observou influência no crescimento inicial das plantas em ambos os solos estudados. O aumento do teor salino das águas de irrigação elevou o caráter salino dos dois solos estudados, porém não prejudicou o crescimento inicial das plantas jovens de *C. madagascariensis* até os 152 dias, o que indica que a espécie é tolerante à salinidade, explicando, em parte, o sucesso desta espécie em colonizar áreas salinas, representando uma vantagem ecológica da mesma.

Palavras chave: Invasão biológica, espécie exótica, Caatinga, germinação.

Potential of invasive species *Cryptostegia madagascariensis* in salinized soils

Abstract: This work was conducted in a greenhouse (greenhouse), with the aim of evaluating the effects of salinity on the chemical characteristics of two types of soils Neossolo and Vertissolo, on seed germination and initial development of *Cryptostegia madagascariensis* seedlings. First, the material of a Flubic Neosol and Vertisol was irrigated with saline water (0.3, 1.0, 2.0, 4.0 dS m⁻¹). Then, were packed about 19 kg of each substrate in plastic containers with a capacity of 21 L. The treatments were arranged in randomized blocks, with four replications. After five days, several incubations were carried out with saline water (1.0 to 4.0 dS

m⁻¹) have been taken four soil samples from each experimental unit for analysis after salinity analysis and planting. After the emergence, 10 days after sowing (DAE), thinning was performed of seedling, leaving only four more vigorous plants per pot. The variables evaluated in the plants were: emergence of seedlings, stem diameter at ground level, plant height, leaf number, leaf area and leaf size, evaluated at 152 DAS. The addition of salinity increased levels of sodium, magnesium, potassium, Sodium Interchangeable Percentage (PSI), Sodium Adsorption Ratio (SOD) and Sodium Changeable Sodium (PST) in both soils, with the exception of pH in the soil. Vertissolo. There was a decrease in seed germination in the Vertisol, but no influence was observed in the initial growth of the plants in both studied soils. The increase in the saline content of the waters increased the salinity of the two studied soils, but did not affect the initial growth of young plants of *C. madagascariensis* until 152 days, which indicates that the species is tolerant to salinity, explaining, in part, the success of this species in colonizing salt areas, representing an ecological advantage of it.

Key words: Biological invasion, exotic species, Caatinga, germination.

Introdução

A água é uma molécula essencial à vida e, nas espécies vegetais, um pequeno desequilíbrio desse recurso já pode causar o mau funcionamento de vários processos celulares, sendo necessário que a planta realize um balanço entre os processos de absorção e perda de água (Taiz *et al.* 2017). À medida que o solo perde água ocorre uma redução da sua disponibilidade para as plantas devido ao aumento da força de retenção da água pelas partículas do solo, podendo essa disponibilidade ser ainda mais reduzida pela presença de altos níveis de sais diluídos na solução do substrato, o que afeta diretamente o efeito osmótico (Dias & Blanco 2010).

Em geral, é nas fases de germinação e de crescimento inicial que os vegetais são mais sensíveis ao estresse salino (Atial *et al.* 2006; Liu *et al.* 2006). Segundo Cushman (2001), a taxa de crescimento da maioria das espécies diminui progressivamente à medida que a concentração salina do solo aumenta acima do limite tolerável (Dias & Blanco 2010).

O excesso de sais dissolvidos em soluções causa, além dos problemas relacionados aos potenciais osmóticos, mudanças no equilíbrio iônico, danos moleculares, celulares e alterações no crescimento (Lozano-García *et al.* 2011), interferindo na permeabilidade das membranas e absorção de nutrientes, na atividade de várias enzimas e no funcionamento do aparato fotossintético (Taiz & Zeiger 2009), causando distúrbios funcionais e injúrias na planta (Larcher 2006; Taiz & Zeiger 2009; Dias & Blanco 2010).

Os solos da região semiárida, em razão da alta taxa de evaporação e da baixa precipitação pluviométrica, apresentam, em geral, elevada concentração de sais solúveis. O problema da salinização dos solos inviabiliza áreas e perímetros desta região (Yang *et al.* 2011), levando a degradação e aumento de áreas abandonadas, além de dificultar a regeneração natural, reduzir a biodiversidade e oportunizar a entrada e a monodominância de plantas invasoras nestes sítios.

Algumas espécies vegetais invasoras toleram maior nível de salinidade do solo, como por exemplo, *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) (Medeiros *et al.* 2018) e *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton (Apocynaceae). Outra espécie que, devido à forte presença em ambientes salinos, sugere-se que tolera altos níveis de salinidade é *Cryptostegia madagascariensis*, conforme estudo de Cruz *et al.* (2016).

Esta última espécie, conhecida popularmente como trepadeira, unha-do-cão, leiteira, mimosa, parreira ou dedo-do-diabo (Vieira *et al.* 2004), apresenta porte arbustivo e é endêmica do norte ocidental da Ilha de Madagascar. *Cryptostegia madagascariensis* possui hábito trepador, podendo formar maciços populacionais muito fechados e/ou subir nas copas das árvores nativas, impedindo a passagem de luz e provocando sombreamento excessivo, o que causa asfixia, estrangulamento e tombamento, provocando até a morte dos espécimes atingidos (Andrade 2013). A espécie foi introduzida em diversos países com fins ornamentais e/ou para a extração

do látex na fabricação de borracha, sendo considerada altamente invasora na Austrália, Estados Unidos, Índia, Porto Rico, Egito, França e Brasil (ISSG 2010).

De acordo com Sousa (2014), na Região Nordeste do Brasil esta espécie está invadindo significativamente áreas nos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, dominando margens de cursos de água e de estradas, áreas abertas e pastagens abandonadas. Geralmente é encontrada em duas classes de solos, incluindo os Vertissolos (solos bastante argilosos) e os Neossolos Flúvicos (solos arenosos situados às margens de rios).

Mesmo diante deste grave problema pouco se conhece acerca do comportamento desta espécie, sendo ainda mais escassos estudos com este táxon no semiárido brasileiro, o que torna de fundamental importância conhecer, com respaldo científico, a autoecologia desta invasora, de modo que se possam subsidiar políticas públicas voltadas para o controle e recuperação de áreas invadidas por *Cryptostegia madagascariensis* no referido contexto. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da salinidade nos atributos químicos dos solos, na emergência e no crescimento inicial de plantas de *C. madagascariensis*.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – Campus II – da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia – PB, de agosto de 2015 a janeiro de 2016. O local situa-se nas coordenadas geográficas de 06°57'58.2" S, 35°42'56.6" O, a 518 metros de altitude e está inserido na Microrregião do Brejo Paraibano.

Durante o período de condução do experimento foram registrados os valores de temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um Termo Higrômetro digital da marca Incoterm®. Os dados de máxima e mínima das variáveis atmosféricas do ambiente foram coletados às 09h00min. A partir dos valores extremos, calcularam-se as médias mensais apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação do Laboratório de Ecologia Vegetal, Areia-PB, 2015/2016.

	2015					2016
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Temperatura (°C)						
Máxima	25.8	26.3	27.1	28.0	28.5	32.0
Mínima	24.5	25.2	26.0	26.7	27.1	28.8
Média Mensal	25.15	25.75	26.55	27.35	27.80	30.4
Umidade Relativa do Ar (%)						
Máxima	75.1	71.3	69.8	63.6	66.5	66.5
Mínima	67.0	61.2	62.0	58.9	61.5	46.9
Média Mensal	71.0	66.2	66.0	61.2	64.0	56.7

Frutos de *Cryptostegia madagascariensis*, quando apresentavam deiscência, foram coletados manualmente em indivíduos de uma população existente na Fazenda Triunfo, localizada no município de Ibaretama – CE, situada nas coordenadas geográficas de 05°27'27.2" S e 94°76'65.2" O, com altitude de 180 metros. A fazenda possui uma área total de 740 ha, dos quais aproximadamente 100 ha estão ocupados pela espécie exótica invasora. Os frutos foram coletados aleatoriamente sob a copa da invasora, acondicionados em sacos plásticos e encaminhados ao Laboratório de Ecologia Vegetal DFCA/CCA/UFPB, Areia – PB.

Para a condução dos ensaios foram utilizados como substratos dois tipos de solos, sendo um Vertissolo de textura Franco Argilo Siltoso e um Neossolo Flúvico de textura Areia Franca (Santos *et al.* 2006), ambos sem correção de pH e sem adição de fertilizantes ou matéria orgânica. Os dois solos foram coletados na profundidade de 20 cm, sendo o Vertissolo coletado na propriedade agrícola do Senhor Severino Cruz no município de Alagoa Grande – PB sob as

coordenadas geográficas 07°05'20" S, 35°38'06" O e altitude média de 143 metros e o Neossolo Flúvico na área agrícola situado na Gruta Funda do município de Algodão de Jandaíra – PB sob as coordenadas 06°51'11.3" S, 35°55'51.5" O e altitude média de 407 metros.

Quanto à coleta do solo, foram realizadas primeiramente amostras simples e depois formadas amostras compostas, de cada tipo de solo. Após a coletada, as amostras foram caracterizadas quanto à composição química e física. Para tal, as mesmas foram homogeneizadas, destorroadas, postas para secar ao ar livre e à sombra e, posteriormente, passadas em peneira com malha de 2 mm. As análises físico-químicas seguiram as metodologias descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA 2011) e foram realizadas nos Laboratórios de Física e Química do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – *Campus II* – da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia – PB. Foram separados, ainda, torrões do Vertissolo para avaliar a densidade do solo.

As análises químicas (fertilidade) consistiram na determinação de pH, nos teores de P disponível, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Al^{3+} trocável, $H^{3+} + Al^{3+}$, capacidade de troca de cátion (CTC), soma de bases (SB), saturação de bases (V) e matéria orgânica (EMBRAPA 2011). Já a caracterização da salinidade consistiu de condutividade elétrica do extrato da pasta de solo saturado CEes (dSm^{-1}), pH, Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Cloro, Sulfato, Carbonato, Bicarbonato, Razão de Adsorção de Sódio (RAS), Porcentagem de Sódio Trocável (PST) e Porcentagem de Sódio intercambiável (PSI). Os atributos físicos constituíram em: granulométrica, argila dispersa em água (método da pipeta), densidade do solo (método da proveta), densidade de partículas (método do balão volumétrico), porosidade total e classificação quanto à textura. Os atributos do solo podem ser observados na **Tabela 2**.

As plantas de *Cryptostegia madagascariensis* foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 21 litros, sendo colocado em cada vaso 19 Kg do substrato seco e salinizado.

Cada tipo de solo foi distribuído em vasos experimentais separados em quatro lotes com quatro repetições, sendo cada lote irrigado com água contendo os seguintes valores de condutividade elétrica: 0.3 (média da condutividade elétrica da água de torneira utilizada no experimento); 1.0; 2.0 e 4.0 dSm^{-1} . Os níveis da condutividade elétrica da água utilizados para salinização dos solos foram obtidos através da diluição dos sais Cloreto de Sódio ($NaCl$), Cloreto de Cálcio ($CaCl_2 \cdot H_2O$) e Cloreto de Magnésio ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) na proporção de 7:2:1 de íons de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, em água de torneira e as medidas feitas com condutivímetro portátil. Esse procedimento, correspondente a um experimento conduzido em esquema fatorial 4 x 4 x 2, com quatro blocos casualizados (4 níveis de salinidade x 4 regimes hídricos – descritos a seguir – x 2 solos), com quatro repetições, totalizando 128 vasos.

As sementes foram retiradas da cápsula que as envolve com auxílio de espátula, não sendo realizado nenhum tratamento para superação de dormência. Em cada vaso foram semeadas 10 sementes a uma profundidade de 1.5 cm, utilizando como cobertura uma fina camada do substrato, de modo a favorecer a emergência. Previamente à semeadura, o solo foi umedecido para que houvesse uma melhor acomodação das partículas do solo nos vasos e condições adequadas de semeio. Foram semeadas 10 sementes/vaso sendo realizado desbaste no 10º DAS e permanecendo as quatro plântulas mais vigorosas em cada vaso, as quais foram mantidas até o fim do ensaio (152 DAS). Com a estabilização ocorrida aos 10 DAS, avaliou-se a emergência, considerando como emergidas as plântulas que possuíam as folhas cotiledonares livres do solo.

Durante o período de emergência até o final da fase de plântula (30 dias após a germinação) todos os vasos permaneceram próximos à capacidade de campo (CC). Após a fase de plântula, iniciaram-se os tratamentos hídricos, constituídos da manutenção da umidade do solo em quatro níveis, a saber: 20% da CC; 40% da CC; 70% da CC e 110% da CC, mantidos até o final do ensaio. A partir de então, os controles de umidade do solo foram realizados três vezes por semana consistindo na reposição da água evapotranspirada através da diferença de peso medida por meio de balança digital entre os dias de pesagem.

A determinação do volume de água para elevar os solos à capacidade de campo e a saturação foram realizadas em vasos extras do ensaio os quais foram perfurados na lateral

inferior e acoplou-se uma mangueira plástica. Para determinar a capacidade de campo (método gravimétrico), a mangueira acoplada no vaso foi conectada a uma garrafa PET, em seguida, adicionou-se água até que se iniciasse a drenagem, sendo considerada como volume de água para elevar o solo seco à capacidade de campo a água retida, quando cessada a drenagem (Sousa *et al.* 2008). Para determinar a saturação do solo, a extremidade da mangueira permaneceu voltada para cima, sendo adicionada água até que seu nível estivesse igual ao nível do solo no vaso, sendo considerada como volume de água para elevar o solo seco à saturação a água adicionada.

Tabela 2. Propriedades físico-químicas e de salinidade do Vertissolo e Neossolo coletados nos municípios de Alagoa Grande - PB e Algodão de Jandaíra - PB, respectivamente, a uma profundidade de 20 cm. Ano de 2015. SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por alumínio; MOS = matéria orgânica do solo; CO_3^{2-} = carbonatos; HCO_3^{2-} = bicarbonatos; SO_4^{2-} = sulfatos; RAS = relação de adsorção de sódio; PST% = percentagem de sódio trocável; PSI = percentagens de sódio intercambiável.

Atributos Físicos		
	Vertissolo	Neossolo
Areia (g kg^{-1})	370	872
Silte (g kg^{-1})	283	85
Argila (g kg^{-1})	347	43
Densidade do solo (kg dm^{-3})	1.59	1.75
Densidade da partícula (kg dm^{-3})	2.65	2.80
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	2.80	37.5
Classificação textural	Franco Argilo Siltoso	Areia Franca
Atributos da Fertilidade		
	Vertissolo	Neossolo
pH (1:2,5 água)	6.10	6.88
P disponível (mg dm^{-3})	0.11	174
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	9.15	3.25
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	13.15	1,5
K^+ (mg dm^{-3})	0.30	0.49
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0.43	0.31
SB ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	22.73	5.55
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0.00	0.00
$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	4.06	0.5
CTC ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	26.79	6.05
V (%)	84.85	91.74
MOS (g kg^{-1})	20.02	7.7
Atributos da Salinidade		
	Vertissolo	Neossolo Flúvico
CEes (dSm^{-1})	0.79	0.49
pH	5.83	7.05
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1.25	1.87
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	3.75	4.00
K^+ (mg dm^{-3})	0.53	0.88
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	11.94	5.41
Cl ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	6.75	5.75
CO_3^{2-} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0.00	0.00
HCO_3^{2-} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	4.06	0.5
SO_4^{2-} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	-	-
RAS	8.47	3.84
PST%	1.58	5.12
PSI	10.11	4.23

Também foram avaliados os teores de umidade e os níveis de salinidade do solo na ocasião do descarte do ensaio. Foram determinadas a condutividade elétrica do extrato da pasta de solo saturado, o pH, Sódio, Cálcio, Magnésio, Potássio, Percentagem de Sódio Intercambiável (PSI), a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e as Porcentagem de Sódio Trocável (PST). O extrato da pasta de solo saturado foi obtido conforme descrito por Ruiz (2003) e a condutividade elétrica foi determinada por leitura direta, na solução extraída, com auxílio de um condutímetro.

As primeiras avaliações foram realizadas apenas em função da salinidade do solo sobre a germinação e crescimento de plântulas, consistindo em: Percentual de Emergência; Diâmetro do Caule ao Nível do Solo; Altura da Planta; Número de Folhas; Área Foliar. A emergência foi calculada através da fórmula proposta por Fanti & Perez (1998):

$$E (\%) = (A/N) * 100, \text{ sendo:}$$

E (%) = percentual de plântulas emersas;

A = número de plântulas normais germinadas e;

N = número de sementes colocadas para germinar em cada repetição.

O Diâmetro do Caule ao Nível do Solo (DNS) foi medido com paquímetro digital no colo da planta, sendo os resultados expressos em mm. A altura (ALT) foi quantificada com uma régua graduada em milímetros, compreendida entre a distância do colo e o meristema apical da planta, sendo os resultados expressos em cm. O número de Folhas (NF) foi determinado a partir da contagem de todas as folhas por planta. A área Foliar (AF) foi mensurada a partir das imagens obtidas com auxílio de um escâner. O tamanho das folhas dessa espécie foi quantificado seguindo metodologia sugerida por Richter *et al.* (2014). O cálculo foi realizado pelo *Software SisCob*® (versão 1.0) para análise de cobertura vegetal (Jorge & Silva 2009), sendo os resultados expressos em $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Após o recrutamento da fase de plântulas à juvenil, começou-se a controlar o teor de umidade do solo. Foram feitas, a cada 15 dias para analisar o crescimento da espécie, as análises de DNS, ALT, NF e Evapotranspiração (ETc).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do teste F ($p \leq 0.05$). Os efeitos quantitativos dos sais sobre o solo, a emergência e o crescimento inicial de *Cryptostegia madagascariensis* foram ajustados à regressão polinomial e as diferenças entre os solos foram comparadas pelo teste F, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade. Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov comparando conjunto de médias, onde todas as médias apresentaram distribuição normal ($p > 0.01$).

Resultados e Discussão

Analisando a Percentagem de Sódio Intercambiável (PSI), nota-se que houve uma redução nos valores até a salinidade de 1.37 dSm^{-1} para o Neossolo Flúvico e até 1.82 dS m^{-1} no Vertissolo, no entanto, houve uma recuperação nos seus valores com o aumento da salinidade em ambos os solos (**Figura 1A**). Fato semelhante ocorreu para os valores de PST e RAS, onde houve uma redução até a salinidade de 1.83 e 1.37 d Sm^{-1} no Neossolo Flúvico e de 2.23 e 1.82 d Sm^{-1} para o Vertissolo, respectivamente (**Figura 1B–C**). Após estes níveis, foi verificada uma recuperação tanto no valor de PST como no de RAS, em ambos os solos. Observou-se que os valores crescentes da PSI, PST e RAS (**Figura 1A–C**), com a aplicação das águas de irrigação salina nos dois solos, se ajustaram ao modelo quadrático de regressão. Estes resultados estão de acordo com os dados apresentados por Amorim *et al.* (2002), que estudaram níveis crescentes de salinidade na cultura do *Allium sativum*.

Valores elevados na Porcentagem de Sódio Intercambiável (PSI) foram evidenciados a partir da condutividade elétrica de 2.0 dS m^{-1} . Este fato evidencia a predominância do íon sódio com o aumento da água salina de irrigação nos solos estudados. Devido a este fato, pode haver a dissolução das partículas de argila, provocando a diminuição da permeabilidade do solo e causando, também, a redução de sua aeração e a inibição do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com a consequente perda de produtividade.

Os valores da PST para o Vertissolo tenderam a diminuir com o aumento da salinidade, o que provavelmente ocorreu devido ao aumento dos teores de sódio trocável na solução do solo.

O uso frequente da irrigação com água salina (CEai) promoveu elevação na relação de adsorção de sódio (RAS) em ambos os solos a partir de 2.0 dS m⁻¹, sendo o crescimento mais acentuado no Vertissolo, devido maior expressão da RAS e concentração total de íons. Ressalte-se ainda que este expressivo aumento da RAS ocorreu em função dos elevados teores de Na⁺ na solução do solo em relação aos outros cátions.

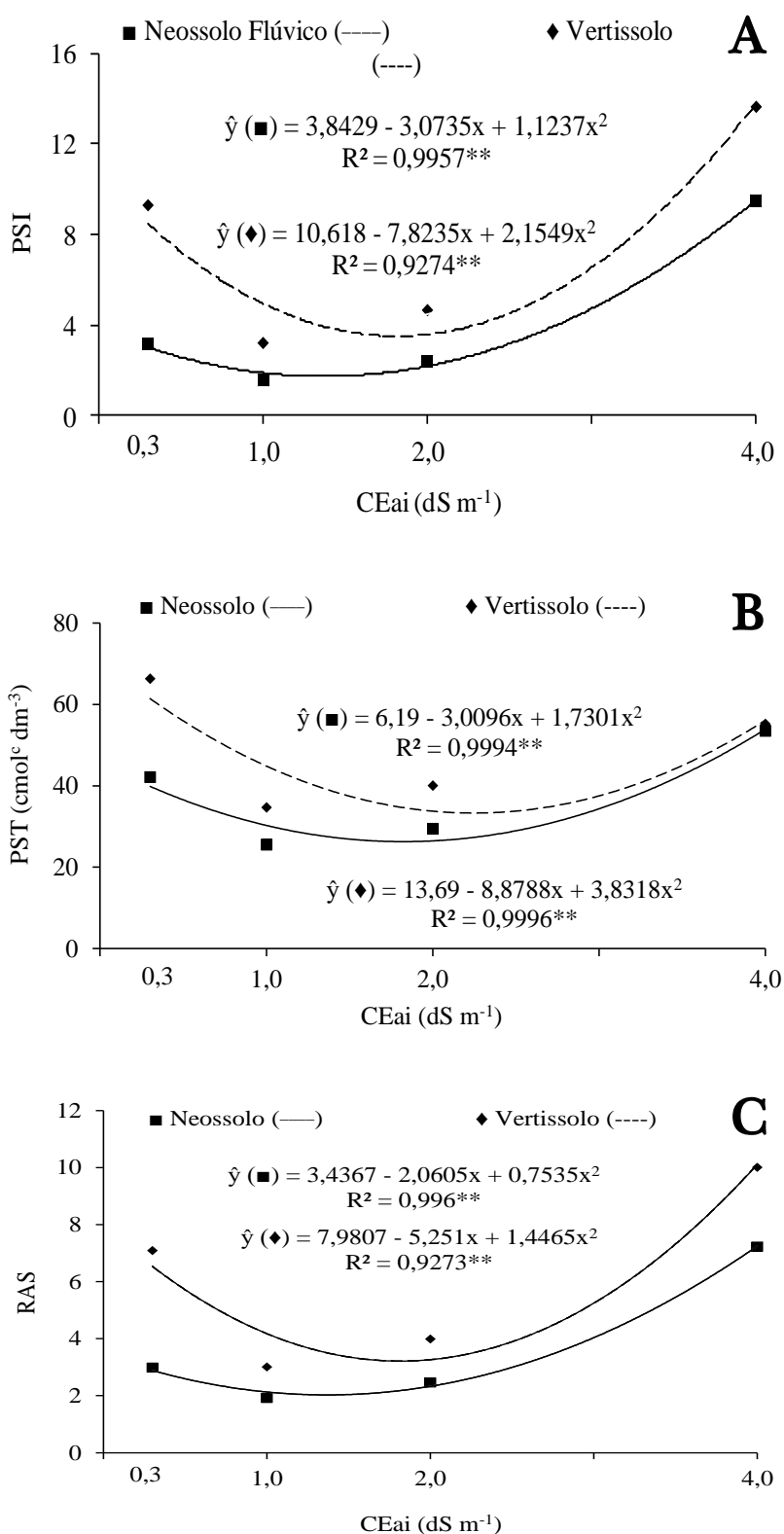


Figura 1. Valores de percentagem de sódio intercambiável (PSI - A), percentagem de sódio trocável (PST - B) e relação de adsorção de sódio (RAS - C) em função da condutividade elétrica da salinidade da água de irrigação (CEai) para Neossolo Flúvico e Vertissolo. Significância: * 5% e ** 1%.

A presença de Na⁺ pode promover dispersão de coloides presentes no solo e sua consequente movimentação no perfil, obstruindo poros e dificultando a condução de ar e água, degradando as propriedades físicas dos solos (Freire *et al.* 2003), o que poderia trazer sérios prejuízos, limitando o aproveitamento agrícola de áreas afetadas por sais de Na⁺ em função da toxicidade desse elemento às plantas, quando presente em níveis elevados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Garcia *et al.* (2008), os quais ao estudarem alterações químicas em dois solos pela aplicação de água com salinidade crescente, verificaram que a RAS do solo aumentou com o aumento da salinidade da água de irrigação. Miranda *et al.* (2011) também encontraram acréscimos na RAS do solo a medida que aumentou o nível de salinidade da água de irrigação aplicada em Neossolo Flúvico do semiárido de Pernambuco.

Nas condições em que o trabalho foi realizado, o aumento da salinidade proporcionou acréscimo na CE do extrato de saturação e nos teores de Ca⁺, Mg⁺², K⁺, Na⁺, como também nos valores de PSI, PST e RAS. Sabe-se que o excesso de sais dissolvidos na solução do solo, além de causar problemas de salinidade e toxicidade, limita a absorção de água e nutrientes e provoca danos celulares e moleculares à maioria das plantas glicófitas (Taiz & Zeiger 2009; Dias & Blanco 2010). Porém, em plantas invasoras como a *Parkinsonia aculeata* não houve comprometimento no seu crescimento vegetativo quando submetida a estresse salino. Logo, o estresse salino pode afetar o estabelecimento de plantas alóctones por duas vias, ou seja, as espécies não nativas não poderiam tolerar os níveis máximos de estresse no hábitat ou ocorrerão mudanças no equilíbrio competitivo entre invasoras e nativas (Alpert *et al.* 2000).

Os dados obtidos no teste de emergência de *Cryptostegia madagascariensis* mostraram diferença significativa para aquelas que emergiram no Vertissolo, com decréscimos à medida que a condutividade da água salina de irrigação aumentou. O aumento da salinidade nas águas de irrigação não interferiu no processo de emergência no Neossolo Flúvico, com uma média de 88.41% (Figura 2).

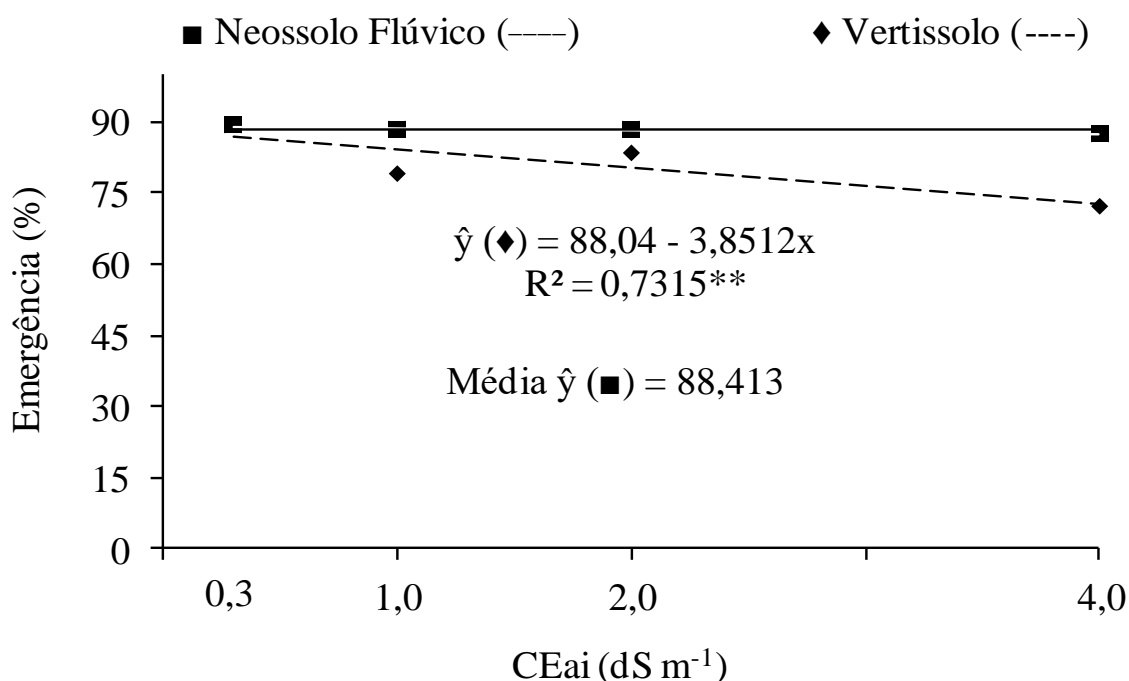


Figura 2. Valores da emergência (E) de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* em função da condutividade elétrica da salinidade da água de irrigação (CEai) para Neossolo e Vertissolo. Significância pelo teste *F** 5% e ** 1%.

Esses dados corroboram os de Cruz *et al.* (2016), ao constatarem aumento no índice de Velocidade de Emergência (IVE) e desenvolvimento de mudas de *Cryptostegia madagascariensis*

avaliados sob concentração de cloreto de sódio no substrato. Por outro lado, Perez & Tambelini (1995), constataram que em sementes de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, houve redução na velocidade de germinação à medida que o potencial osmótico das soluções de NaCl tornou-se mais negativo, sendo observada uma redução mais acentuada a partir do potencial de - 0.3 MPa. O índice de velocidade de germinação de sementes de *Parkinsonia aculeata* L. foi afetado pelos níveis de salinidade, sendo o efeito mais intenso em salinidade de 1.5 até 3.0 dS m⁻¹ (Agra 2010).

De acordo com a análise de variância, para a variável diâmetro de caule, altura, número de folhas, área foliar e tamanho de folha de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* não foram verificadas diferenças significativas (p > 0.05) entre os níveis de condutividade elétrica da pasta de saturação dos dois solos estudados (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo das análises de variância e regressão das variáveis emergência (E), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), altura (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF) e tamanho médio da folha (TMF) de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* cultivadas em dois tipos de solos (Neossolo e Vertissolo) salinizados (CEai – condutividade elétrica da água de irrigação), Areia – PB, 2015.

Fonte de Variação	GL	E	DNS	ALT	NF	AF	TMF
Bloco	15	237.5645	49.4337	10591.4344	1357.9161	555799.208	233.935
Solo (S)	1	1776.6566**	2.2021 ^{ns}	6356.3465**	249.0624**	174635.306**	20.6377*
CEai (C)	3	514.6878 ^{ns}	1.4022 ^{ns}	61.4189 ^{ns}	12.5543 ^{ns}	8701.389 ^{ns}	1.8945 ^{ns}
S x C	3	323.4624 ^{ns}	0.1592 ^{ns}	137.6883 ^{ns}	12.3007 ^{ns}	7332.948 ^{ns}	2.7653 ^{ns}
Resíduo	104	246.5462	1.0924	265.9886	19.8661	16139.78	4.8764
CV (%)		18.54	18.91	29.03	16.02	43.03	27.18
Média		84.69	5.53	56.19	27.83	295.22	8.13
Teste de Regressão							
Linear	1	–	3.7881 ^{ns}	–	–	–	–
Quadrático	1	–	0.0389 ^{ns}	–	–	–	–
Linear/Neossolo	1	30.0629 ^{ns}	–	78.7372 ^{ns}	0.1037 ^{ns}	5732.58621 ^{ns}	4.3500 ^{ns}
Quadrático/Neossolo	1	1.61178 ^{ns}	–	6.4111 ^{ns}	0.9047 ^{ns}	5751.9816 ^{ns}	0.0813 ^{ns}
Linear/Vertissolo	1	1843.2722**	–	36.9379 ^{ns}	0.6569 ^{ns}	674.4292 ^{ns}	0.0044 ^{ns}
Quadrático/Vertissolo	1	0.1193 ^{ns}	–	35.6521 ^{ns}	48.5741 ^{ns}	16315.5982 ^{ns}	0.5942 ^{ns}

–, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Pizarro (1996), afirmou que condutividade elétrica do solo superior a 2 dS m⁻¹ pode ocasionar danos à produção de cultivares sensíveis. Foi constatado, no presente estudo, que o teor salino da água de irrigação de 4 dS m⁻¹ não comprometeu a emergência das plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* no Neossolo. Verifica-se que esta espécie apresenta tolerância a salinidade neste tipo de solo, o que poderia explicar, em parte, o seu sucesso reprodutivo e a monodominância da espécie.

Algumas invasoras, como *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae), *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae) apresentaram tolerância à salinidade (Leal et al. 2013). Bezerra et al. (2013), trabalhando com a espécie invasora *Parkinsonia aculeata*, não verificaram interferência em sua germinação com o aumento da salinidade no substrato. A espécie apresentou uma tolerância inicial à salinidade de 7 dSm⁻¹, o que comprova que essa espécie possui habilidade competitiva, que a capacita para invadir determinados sítios do semiárido.

O aumento da concentração de sais no substrato determina redução no potencial hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que geralmente influencia a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (Taiz et al. 2017). A presença de níveis elevados de íons em plantas não halófitas (menos tolerantes à deficiência hídrica), pode exercer efeitos adversos na permeabilidade das membranas celulares (Santos et al. 2013), ocasionando assim redução do processo germinativo em condições de níveis elevados de estresse salino, ressaltando que esses níveis são variáveis com a espécie.

Conclusões

O aumento do teor salino das águas de irrigação elevou o caráter salino dos dois solos estudados, porém não prejudicou o crescimento inicial das plantas jovens de *Cryptostegia madagascariensis* até os 152 dias, o que indica que a espécie é tolerante à salinidade, explicando, em parte, o sucesso desta espécie em colonizar áreas salinas, representando uma vantagem ecológica da mesma.

Referências

- Agra P.F.M. (2010) Invasão biológica por *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) no semiárido paraibano: uma abordagem voltada para ecofisiologia de sementes. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba.
- Alpert P., Bone E. & Holzapfel C. (2000) Invasiveness, inviability and the role of environmental stress in the spread of non-native plantas. *Urban & Fischer Verlag*, 3(1): 52–66. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00004>
- Amorim J.R.A., Fernandes P.D., Gheyi H.R. & Azevedo N.C. (2002) Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 37(2): 167–176. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000200008>
- Andrade L.A. (2013) Plantas Invasoras: espécies exóticas invasoras da caatinga e ecossistemas associados. Campina Grande: Epgraf. 100 p.
- Atial A., Hamed K.B., Deveiz A. & Abdelly C. (2006) Salt and seawater effects on the germination of *Crithmum maritimum* (p. 29–34). In: Ozturk M., Waisel Y., Khan M.A. & Gork G. (Eds). Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants. Berlin: Birkhauser Verlag. 206 p.
- Bezerra F.T.C., Andrade L.A., Cavalcante L.F., Pereira E.P. & Bezerra M.A.F. (2013) Emergência e crescimento inicial de plantas de *Parkinsonia aculeata* L. (FABACEAE) em substrato salino. *Revista Árvore*, 37(4): 611–618.
- Cruz F.R.S., Andrade L.A. & Alves E.U. (2016) Estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. *Ciência Florestal*, 26(4): 1189–1199. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509825110>
- Cushman J.C. (2001) Osmoregulation in plants: implications for agriculture. *American Zoologist*, 41(4): 758–769. <https://doi.org/10.1093/icb/41.4.758>
- Dias N.S. & Blanco F.F. (2010) Efeitos dos sais no solo e na planta (p. 127–141). In: Gheyi H.R., Dias N.S. & Lacerda C.F. (Orgs). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. 471 p.
- Embrapa (2011) Manual de métodos de análise do solo. 3ª edição. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 230 p.
- Fanti S.C. & Perez S.C.J.G.A. (1998) Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Revista Brasileira de Sementes*, 20(1): 167–177.
- Freire M.B.G.S., Ruiz H.A., Ribeiro M.R., Ferreira P.A., Alvarez V.H. & Freire F.J. (2003) Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7(2): 227–232. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000200007>
- Garcia G.O., Martins Filho S., Reis E.F., Moraes W.B. & Nazário A.A. (2008) Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, 39(1): 7–18.
- Invasive Species Specialist Group (ISSG) (2010) A Compilation of Information Sources for Conservation Managers. Disponível em: <http://www.issg.org/database> (Acessado em: 31/08/2014).
- Jorge L.A.C. & Silva D.J.C.B. (2009) AFSOFT: Manual de utilização. Volume 1. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 20 p.
- Larcher W. (2006) Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Ed. Rima Arts e Textos. 531 p.

- Leal L.C., Meiado M.V., Lopes A.V. & Leal I.R. (2013) Germination responses of the invasive *Calotropis procera* (Ait) R. Br. (Apocynaceae) compararisons with seeds from two ecosystems in northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 35(3): 1025–1034. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652013000300013>
- Liu X., Qiao H.L., Tadano T. & Khan M.A. (2006) Comparative affect of NaCl and seawater on seed germination of *Suaeda salsa* and *Atriplex centralasiatica* (p. 45–54). In: Ozturk M., Waisel Y., Khan M.A. & Gork G. (Eds). *Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants*. Berlin: Berkhuser Verlag. 206 p.
- Lozano-García B., Parras-Alcántara L. & Muriel-Fernánde J.L. (2011) Soil tillage effects on monovalent cations (Na⁺ and K⁺) in vertisols soil solution. *Catena*, 84: 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.09.005>
- Medeiros J.S., Mesquita F.O., Andrade L.A., Oliveira C.J., Souza E.M. & Sousa J.K.C. (2018) Invasão biológica por *Cryptostegia madagascariensis*: uma abordagem voltada para estresses abióticos. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 2(1): 36–47. <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v2i1.579>
- Miranda M.A., Oliveira E.E.M., Santos K.C.F., Freire M.B.G.S. & Almeida B.G. (2011) Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5): 484–490.
- Perez S.C.J.G.A. & Tambelini M. (1995) Efeito dos estresses salino e hídrico e do envelhecimento precoce na germinação de algarobeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(11): 1289–1295.
- Pizarro F. (1996) *Riegos Localizados de Alta Frecuencia*. 3^o edición. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 511 p.
- Richter G.L., Zanon Júnior A., Streck N.A., Guedes J.V.C., Kräulich B., Rocha T.S.M., Winck J.E.M. & Cera J. (2014) Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. *Bragantia*, 73(4): 416–425. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0179>
- Ruiz H.A. (2003) *Métodos de análises físicas do solo*. Viçosa: Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa.
- Santos H.G., Jacomine P.K.T., Anjos L.H.C., Oliveira V.A., Oliveira J.B., Coelho M.R., Lumbrebias J.F. & Cunha T.J.F. (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2^o edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306 p.
- Santos M.A., Freire M.B.G.S., Almeida B.G., Lins C.M.T. & Silva E.M. (2013) Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4): 397–404. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000400007>
- Sousa F.Q. (2014) *Estrutura Fitossociológica de Remanescentes de Caatinga e Avaliação do Banco de Sementes do Solo em Áreas Invasidas por Cryptostegia madagascariensis Bojer ex Decne. no Estado do Ceará*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, Paraíba.
- Sousa G.B., Cavalcante L.F., Cavalcante I.H.L., Bekmann-Cavalcante M.Z. & Nascimento J.A. (2008) Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina. *Revista Caatinga*, 21(2): 172–180.
- Taiz L. & Zeiger E. (2009) *Fisiologia Vegetal*. 4^o edição. Porto Alegre: Artmed. 719 p.
- Taiz L., Zeiger E., Moller I.M. & Murphy A. (2017) *Fisiologia vegetal*. 6^o edição. Porto Alegre: Artmed. 818 p.
- Vieira M.F., Leite M.S.O., Grossi J.A.S. & Alvarenga E.M. (2004) Reproductive biology of *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (*Periplocoideae, Apocynaceae*), an ornamental and exotic species of Brazil. *Bragantia*, 63(3): 325–334. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052004000300002>
- Yang J., Zhang L., Hira D., Fukuzaki Y. & Furukawa K. (2011) Anammox treatment of high-salinity wastewater at ambient temperature. *Bioresource Technology*, 102: 2367–2372. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.101>