

Ano 12, Vol XXIII, Número 2, Jul-Dez, 2019, p. 189-204.

EFEITO DO BIOCHAR SOBRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E pH DE SOLOS IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA

Maria Eugênia da Costa
Erlen Kaline Ávila do Nascimento
Neyton de Oliveira Miranda
Alexandre Santos Pimenta
Ana Paula Medeiros dos Santos Rodrigues
Antônio Francisco de Mendonça Júnior

RESUMO: A baixa produtividade das culturas no estado do Rio Grande do Norte é atribuída a fatores como o clima e a degradação de água e solo, na qual está incluída a salinização. Neste contexto, este trabalho visou avaliar a aplicação de biochar para mitigar os efeitos da salinidade da água em solos da região oeste do estado. Para isso, foram aplicadas quatro doses de biochar (0; 0,5; 1,0 e 1,5%) e águas de três níveis de salinidade (0,57; 2,65 e 4,50 dS m⁻¹) em três tipos de solos (Argissolo, Cambissolo e Neossolo Flúvico). Foram realizados três experimentos, um para cada tipo de solo, contido em colunas, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semiárido, UFRS, Mossoró, RN. Após o corte de plantas de milho, 40 dias após emergência, foram determinados o pH e a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEs) dos solos. Os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Em geral, o aumento no nível de salinidade da água aplicada causou aumento na CE do extrato de saturação dos solos e diminuiu seu pH. A aplicação de biochar causou redução na CEs para as duas águas mais salinas apenas no Cambissolo. Em geral, o aumento da dose de biochar causa aumento no pH do solo.

Palavras-chave: *Zea mays L.*; salinidade; manejo do solo; carvão vegetal.

BIOCHAR EFFECT ON ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND pH OF SALT WATER IRRIGATED SOIL

ABSTRACT: The low crop yields in the state of Rio Grande do Norte, Brazil, is attributed to factors like climate and degradation of water and soil, including salinization. In this context, the present work aimed to evaluate the effect of biochar application in mitigating effects of water salinity in different soils of the western region of this estate. With this aim, four doses of biochar (0, 0.5, 1.0, and 1.5%) and waters of

three salinity levels (0.57, 2.65, and 4.50 dS m⁻¹) were applied in three types of soils (Ultisol, Inceptisol, and Fluvent). Three trials were carried out, one for each soil type contained in columns, in an entirely randomized design with four replications in a greenhouse at the Federal Rural University of the Semi-Arid, UFRSA, located in the municipality of Mossoró, RN, Brazil. After the cutting of maize plants, performed after 40 days of maize emergence, the pH and electrical conductivity of the soil saturation paste (EC_{sp}) were determined. Data were submitted to variance analysis and regression analysis. In general, the increase in water salinity level was followed by an increase in EC_{se} and a decrease in pH. When the two saline waters were applied, the application of biochar caused decrease on CEEs only in the Inceptisol. Overall, increase in the dose of biochar caused increase in soil pH.

Key words: *Zea mays* L; soil salinity; soil management; charcoal.

INTRODUÇÃO

Entre as causas de baixas produtividades agrícolas, está a degradação dos recursos solo e água, sob a pressão da agricultura (FAO, 2011). As práticas agrícolas inadequadas causam diminuição do carbono no solo, erosão, depleção de nutrientes, compactação e salinização.

A salinidade, que é um dos estresses que mais limitam o crescimento e a produtividade agrícola (Feijão et al., 2013), é agravada em regiões semiáridas, onde é um problema de difícil solução devido ao clima, geologia, qualidade da água e manejo da irrigação (Araújo et al., 2010; Souza et al., 2016). O manejo inadequado da irrigação pode causar salinização do solo, prejudicando suas propriedades químicas e físicas (Lacerda et al., 2011).

O clima semiárido do Nordeste do Brasil favorece a salinização do solo, mesmo se a irrigação for feita com água de boa qualidade (Barbosa et al., 2012), devido às altas temperaturas e evaporação e baixa precipitação. Como fontes de água de boa qualidade são escassas, são usadas águas cujos altos teores de sais são devidos ao clima e ao material de origem dos solos (Barbosa et al., 2012; Furtado et al., 2014; Silva et al., 2016). Geralmente, as fontes de água subterrâneas de baixa qualidade provêm de poços situados no cristalino, com maior teor de sais do que as de aquíferos sedimentares. Em alguns casos, são usadas para irrigação águas com condutividade elétrica acima de 2,0

dS m⁻¹ (Lacerda et al., 2011).

Para atender à demanda hídrica em contexto de escassez de água de boa qualidade e fácil captação é preciso usar águas de qualidade inferior, devido ao teor de sais; reutilizar águas de drenagem com alto teor de sais solúveis, que prejudicam algumas culturas e degradam o solo; ou misturar águas com diferentes teores de sais (Barbosa et al., 2012; Furtado et al., 2014; Souza et al., 2016).

Os prejuízos da salinidade ao desenvolvimento das plantas se devem a efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais. O efeito osmótico provocado causa redução na absorção de água pelas plantas; o efeito de íons específicos ou excesso de íons tóxicos faz com que entrem no fluxo de transpiração, podendo causar danos às folhas, alteração da integridade estrutural e funcional da membrana plasmática e inibir a atividade de enzimas vitais ao metabolismo, causando redução no crescimento ou prejudicando a absorção de elementos essenciais (Feijão et al., 2013; Silva et al., 2016; Sousa et al., 2012).

O excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável, que caracterizam os solos afetados por sais como salino, salino sódico ou sódico, prejudica a estrutura do solo e, por isto, o desenvolvimento das raízes das plantas, pois limita a infiltração de água no solo e dificulta a absorção de água do solo pelas plantas (Holanda et al., 2010).

A viabilização do uso de águas de qualidade inferior exige, além do cultivo de espécies tolerantes à salinidade, a adoção de sistemas de irrigação mais eficientes e bem manejados, (Lacerda et al., 2011), e a recuperação de solos já salinizados, feita com a aplicação de gesso e, ou materiais orgânicos, e de lâmina de irrigação capaz de lixiviar o excesso de sais (Miranda et al., 2011). A decomposição da matéria orgânica libera CO₂ e ácidos orgânicos e fornece cálcio e magnésio, que substituem o sódio.

Tendo em vista a importância da matéria orgânica para a qualidade do solo e os seus baixos teores nos solos tropicais e a possibilidade de sintetizar substâncias húmicas de alta estabilidade e reatividade a partir de carvão vegetal e seus subprodutos, surgiram estudos para reproduzir os efeitos da matéria orgânica por meio da aplicação de biomassa carbonizada, denominados biochar (Benites et al., 2009). O biochar é produzido por meio da pirólise de biomassa vegetal e, ou animal, sob um suprimento muito baixo de oxigênio.

As propriedades de sorção do biochar são responsáveis em grande

parte pela ação em mitigar os impactos do estresse para as plantas, seja pela redução na exposição das plantas aos agentes de estresse, ou pela melhoria da resposta das plantas ao estresse. A alta capacidade do carvão ativado em absorver vários sais já é bem conhecida, inclusive com sua utilização em processos industriais de dessalinização. Além da sorção dos sais, o aumento da disponibilidade de água no solo e a melhoria nas condições hídricas das plantas, proporcionadas pelo biochar proporcionam a mitigação dos efeitos osmóticos e de toxicidade iônica dos sais (Ekebafé et al., 2013; Thomas et al., 2013).

Akhtar et al. (2015) observaram que, devido a sua alta capacidade de adsorção, a aplicação de biochar reduziu a absorção de sódio pelas plantas por meio de ligação transitória com Na^+ , causando diminuição no estresse osmótico pelo aumento no teor de água do solo, e pela liberação de nutrientes minerais como K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} para a solução do solo.

Nesse contexto o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de biochar sobre o pH e a condutividade elétrica do extrato de saturação em três tipos de solos cultivados com milho irrigado com águas de três níveis de salinidade.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido entre janeiro e outubro de 2015, em casa de vegetação do campus oeste da Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA, localizada em Mossoró-RN. As coordenadas geográficas são $5^{\circ} 11' \text{ S}$ e $37^{\circ} 20' \text{ O}$ e a altitude de 18 m. O clima local é semiárido e, de acordo com a classificação de Koeppen, é do tipo BSw h' , seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (Carmo Filho et al., 1991)

Foram realizados três experimentos, utilizando três solos da região oeste do estado Rio Grande do Norte, coletadas na profundidade de 0-20 cm e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013), como Argissolo (AS), coletado na fazenda experimental Rafael Fernandes da UFERSA, Cambissolo (CS) coletado no município de Upanema –RN e Neossolo flúvico (NF), coletado às margens do Rio Angicos, no NUTESA da UFERSA. Os tratamentos foram

aplicados a colunas de PVC de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura, cujo volume era de 12566,4 cm³.

Na Tabela 1 apresenta-se a caracterização química e física dos solos utilizados no experimento, conforme metodologias da EMBRAPA (2011).

Tabela 1. Caracterização física e química dos solos Argissolo (AS), Cambissolo (CS) e Neossolo Flúvico (NF) antes da aplicação de biochar e águas salinas

SOLO	pH	MOS g kg ⁻¹	P -----mg	K dm ⁻³	Na -----	Ca	Mg	Al	(H+Al) ¹ -----cmol _c dm ⁻³	CTC	Areia	Silte	Argila
AS	5,7	20,6	9,0	45	8,6	1,36	0,84	1,2	2,0	4,35	0,91	0,03	0,06
CS	6,7	16,7	0,3	299	39,0	7,46	1,84	0,0	1,3	11,53	0,56	0,08	0,36
NF	8,2	21,7	47,1	139	23,6	12,6	1,12	0,0	0,0	14,18	0,60	0,26	0,14

MOS é Matéria Orgânica do solo; (H+Al) é Acidez potencial; CTC é capacidade de troca de cátions.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial, que constou de quatro doses de biochar em volume (0; 0,5 - 19 g por coluna, 1,0 - 38 g por coluna e 1,5% - 57 g por coluna), considerando a densidade do biochar de 0,3 kg cm⁻³ e três níveis de salinidade da água (A1 - 0,57; A2 - 2,65 e A3 - 4,5 dS m⁻¹). A1 era água potável de abastecimento público; A2 era equivalente à água de um poço raso localizado na UFERSA e foi produzida com a mistura dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgSO₄.6H₂O para obter a relação catiônica em mol_c: Na:Ca:Mg de 7:2:1; A3 foi obtida pela mistura de A1 e A2. As características químicas das águas, determinadas conforme metodologia de Richards (1954) estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Características químicas das águas utilizadas na irrigação do milho recebendo doses de biochar em três tipos de solos

Água	PH (agua)	CE dS m ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Dureza mg L ⁻¹	Cátions mmolc L ⁻¹	Aníons
A1	7,71	0,57	0,33	3,40	0,50	2,60	0,40	2,40	4,2	65	5,0	5,4
A2	7,00	4,50	0,30	26,56	10,10	40,0	0,00	1,90	9,9	725	41,4	41,9
A3	7,14	2,65	0,33	15,16	4,70	23,0	0,00	2,10	7,7	390	23,3	25,1

O carvão vegetal, obtido da carbonização de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) foi triturado e passado em peneira de 4 mm, resultando em granulometria predominante entre 1,0 e 2,0 mm. Em sua composição, o carvão vegetal possuía 5,43 % de umidade,

63% de carbono fixo, 16% de cinzas e 21% de materiais voláteis. Os principais macronutrientes possuíam os seguintes teores em $g\ kg^{-1}$: N – 7,9; P – 1,4; K – 2,0; Ca – 9,95 e Mg – 0,55.

Inicialmente foi cultivado o milho (*Zea mays L.*) híbrido AG 1051. Após o corte das plantas de milho (40 DAE), os solos foram amostrados na camada de 0-20 cm de profundidade para determinação, segundo EMBRAPA (2011), do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE), tanto em solução solo/água na proporção de 1:2,5 como no extrato de saturação, no qual foram usadas amostras compostas das quatro repetições. A seguir, se calculou as relações entre os valores dos dois métodos e transformou-se os dados obtidos no sobrenadante água:solo para valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) (Tabela 3), que foram submetidos à análise estatística.

Tabela 3. Equações de transformação dos dados de condutividade elétrica na solução solo/água na proporção 1;2,5 para dados de condutividade elétrica no extrato de saturação

SOLO	A	B	R ²
AS	3,79	0,44	0,76
CS	4,86	0,21	0,93
NF	3,55	1,75	0,52

Equação no formato: $Y = aX + b$, em que Y é a CEes, X é a CE_{1:2,5} e R² é o coeficiente de determinação

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o Teste F ($p < 0,05$) para verificar a significância do efeito dos fatores e da sua interação. No caso de interação significativa entre os fatores, foi verificado o efeito de doses de biochar em cada nível de salinidade da água. Procedeu-se à análise de regressão dos fatores significativos, escolhendo-se o modelo de melhor ajuste conforme o nível de significância e o coeficiente de determinação. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR (Ferreira, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Condutividade elétrica do extrato de saturação dos solos (CEes)

A dose de biochar exerceu efeito significativo sobre as variáveis de pH e CEes

nos três solos (Tabela 4). O mesmo ocorreu com o nível de salinidade da água no Cambissolo e no Neossolo Flúvico. A interação significativa entre doses de biochar e salinidade da água foi observado para a CEes no Cambissolo e Neossolo Flúvico e sobre o pH do Argissolo.

Tabela 4. Resumo da análise da variância de pH e condutividade elétrica no extrato de saturação de três solos recebendo doses de biochar e água salina.

Fonte de variação	GL	Argissolo		Cambissolo		Neossolo Flúvico	
		CEes	pH	CEes	pH	CEes	pH
Dose	3	5,43*	0,29*	8,08*	0,07*	25,26**	0,07*
Água	2	99,30* *	0,03 ^{ns}	252,75* *	0,81**	183,22* *	0,07*
Dose x água	6	1,50 ^{ns}	0,29**	6,27*	0,02 ^{ns}	20,48**	0,01 ^{ns}
Resíduo	36 ¹	1,33	0,08	2,07	0,03	5,40	0,02
Média	-	3,81	5,55	5,87	7,47	5,05	7,65
CV (%)	-	30,3	5,2	24,53	2,15	46,03	1,96

GL é grau de liberdade; CEes é condutividade elétrica do extrato de saturação; CV é coeficiente de variação. ¹No Neossolo Flúvico uma parcela foi considerada perdida.

A CEes do Argissolo apresentou aumento linear de 45 % entre a dose zero e de 1,5% de biochar, independente da salinidade da água (Figura 1A). Neste sentido, Verheijen et al. (2010) afirmam que os sais contidos no biochar podem causar salinização secundária do solo e que o teor de sais como o sódio no biochar depende da composição de sua matéria prima. Isto concorda com Thomas et al. (2013) que observaram acúmulo de sódio no solo devido ao teor de sódio da matéria prima do biochar. A influência da matéria prima do biochar e do tipo de solo para o agravamento da salinidade do solo foi observada por Zhang et al. (2016) quando aplicou 45 Mg ha⁻¹ de biochar produzido com diferentes resíduos agrícolas em solos franco arenoso e franco argiloso de região árida. Quando se considerou apenas o nível de salinidade da água aplicada, como era esperado, a CEes do Argissolo apresentou aumento linear de aproximadamente 380% (Figura 1B) entre o nível mais baixo (0,57 dS m⁻¹) e o nível mais alto de salinidade da água (4,50 dS m⁻¹).

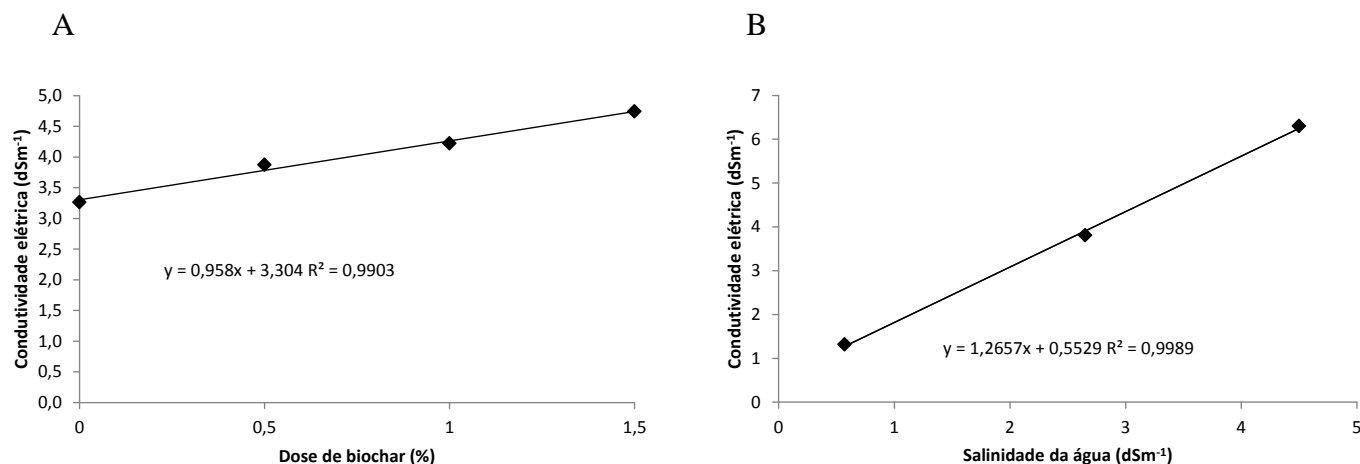


Figura 1. Condutividade elétrica do extrato de saturação de Argissolo em função da dose de biochar (A) e do nível de salinidade da água (B).

A CEes do Cambissolo (Figura 2A) apresentou efeito da interação entre doses de biochar e níveis de salinidade da água aplicada. Como esperado, quando se procedeu ao desdobramento da interação, observou-se que a água de menor salinidade apresentou os menores valores de CEes e os maiores valores foram obtidos com a água mais salina. Dentro de cada nível de salinidade, a ação do biochar foi de diminuir a CEes com o aumento da dose de zero para a maior dose. Estas diminuições, que foram de 19% e de 36%, respectivamente para as águas de 2,65 e de 4,50 dS m⁻¹, são efeito esperado da aplicação de biochar. Isso seria proporcionado pela alta capacidade do carvão em absorver sais, propriedade já aproveitada em processos industriais de dessalinização (Thomas et al., 2013). Segundo Akhtar et al. (2015) este efeito de mitigação ocorre em curto prazo, porque ocorre ligação transitória entre o biochar e o Na⁺ da água e liberação de nutrientes como K⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ para a solução do solo. Enquanto isso, quando se usou a água de menor salinidade (0,57 dS m⁻¹), foi observado aumento de apenas 7% na CEes, aumento já discutido para o Argissolo.

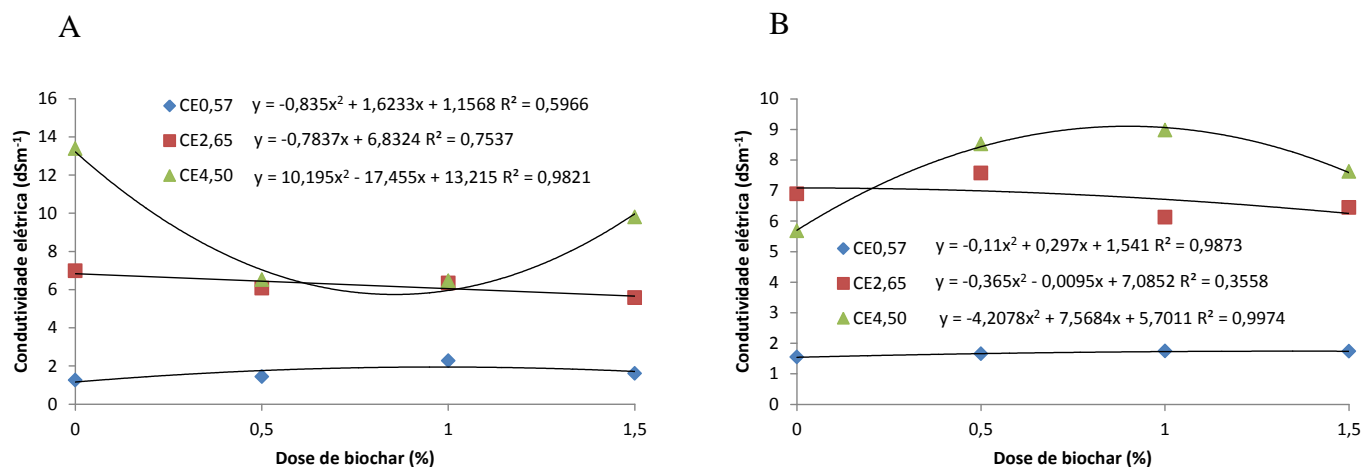


Figura 2. Desdobramento da interação de dose de biochar dentro do nível de salinidade da água para condutividade elétrica do extrato de saturação em Cambissolo (A) e Neossolo Flúvico (B).

A CEes no Neossolo Flúvico (Figura 2B) também apresentou efeito significativo da interação entre doses de biochar e níveis de Salinidade da água aplicada. Também neste solo ficou evidente o aumento da CEes do menor para o maior nível de salinidade da água. No caso da água de menor salinidade, diferentemente do Cambissolo, foi observada diminuição na CEes (30%) entre a dose zero e a maior dose de biochar. Para as duas águas de maior salinidade, ressaltando os valores maiores para a água mais salina, observou-se aumento da CEes até a dose de biochar de 0,7%. Quando se aplicou estas águas, a aplicação da maior dose de biochar resultou em valores de CEes semelhante à dose zero para a água de 4,50 dS m⁻¹ e, para a água de 2,65 dS m⁻¹ a CEes ainda foi 35% maior do que na dose zero de biochar.

Nos três solos foi confirmado o aumento da CEes com o aumento da salinidade da água. Este comportamento é bem conhecido e é decorrente do conteúdo de sais na água, cuja quantidade é indicada pela condutividade elétrica da água, e que acumulam de forma crescente no solo com o aumento da salinidade da água (Holanda Filho et al., 2011; Porto Filho et al., 2011; Travassos et al., 2011). Segundo Aquino et al. (2017) o aumento da salinidade da água causa acumulação de sais no solo em caso de baixa taxa de lixiviação.

O efeito de interação entre doses de biochar e níveis de salinidade da água sobre a CEes foi observado no Cambissolo e no Neossolo Flúvico. No Argissolo que é

arenoso e com menor pH, menor CTC e maior acidez potencial, foram observados apenas efeitos individuais lineares positivos dos fatores dose de biochar e nível de salinidade da água sobre a CEEs. Neste sentido, diversos trabalhos verificaram o aumento da salinidade do solo com o aumento da salinidade da água de irrigação, independentemente da aplicação de condicionadores, orgânicos ou não (Cavalcante et al., 2010; Medeiros et al., 2011; Mesquita et al., 2012).

No Cambissolo, o solo com maior teor de argila, quando se usou a água de menor salinidade ($0,57 \text{ dS m}^{-1}$), foi observado ligeiro aumento na CEEs entre a dose zero e a maior dose de biochar, enquanto que foi observada diminuição de 30% no Neossolo Flúvico, solo com os maiores pH, CTC e teor de silte. Quando se usou as águas de $2,65$ e de $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ no Cambissolo, a ação do biochar dentro de cada nível de salinidade foi de diminuir a CEEs com o aumento da dose de zero para 1,5% de biochar, enquanto que no Neossolo flúvico, com as mesmas águas, observou-se aumento da CEEs até a dose de biochar de 0,7% e maior diminuição da CEEs sob efeito da maior dose de biochar para a água de $4,50 \text{ dS m}^{-1}$.

➤ pH do solo

O desdobramento da interação entre doses de biochar e níveis de salinidade da água sobre o pH do Argissolo demonstrou que quando se aumentou a dose de biochar de zero para 1,5% (Figura 3), ocorreu aumento linear de 8% para a água mais salina ($4,50 \text{ dS m}^{-1}$), e aumento para a água de $0,57 \text{ dS m}^{-1}$, que chegou a 15% com a dose de 1,5% e, para a água de $2,65 \text{ dS m}^{-1}$ o comportamento também foi quadrático, com diminuição no pH até a dose de 0,8% e diminuição muito pequena (2%) com a dose de 1,5% em relação à dose zero.

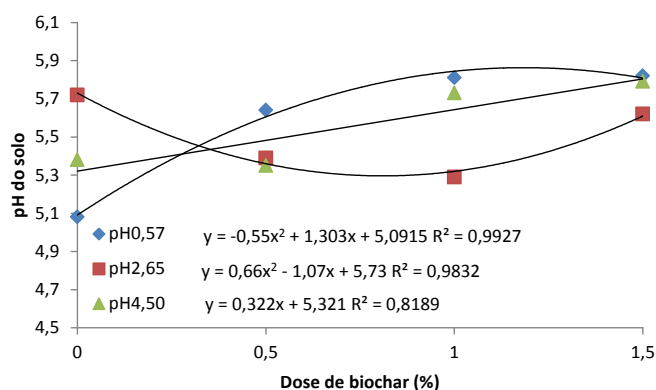


Figura 3. Desdobramento das interações de pH em Argissolo em função de dose de biochar dentro dos níveis de salinidade da água.

O pH do Cambissolo apresentou apenas efeitos individuais dos dois fatores estudados, sendo que as doses de biochar exerceram efeito quadrático crescente no qual o pH aumentou 2% entre as doses zero e 1,5% (Figura 4A). Enquanto que os níveis de salinidade da água aplicada exerceram efeito linear negativo sobre o pH do solo, o qual diminuiu 6% da água de 0,57 dS m⁻¹ para a água de 4,50 dS m⁻¹ (Figura 4B).

O pH do Neossolo Flúvico também foi influenciado individualmente pelos fatores estudados, tendo o efeito das doses de biochar sido quadráticos com máximo pH na dose de 0,6% e diminuição muito pequena no pH entre a dose zero e a dose de 1,5% de biochar (Figura 5A). O efeito da salinidade da água mostrou diminuição quadrática do pH do solo, com ponto de mínimo pH em nível de salinidade equivalente a 3,2 dS m⁻¹ (Figura 5B).

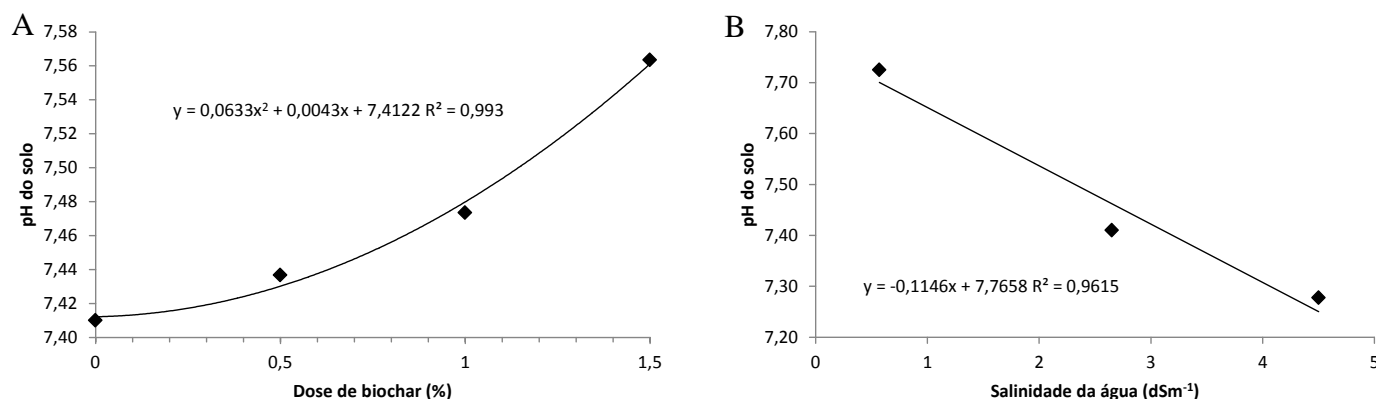


Figura 4. pH do Cambissolo em função da dose de biochar (A) e do nível de salinidade da água (B).

A

B

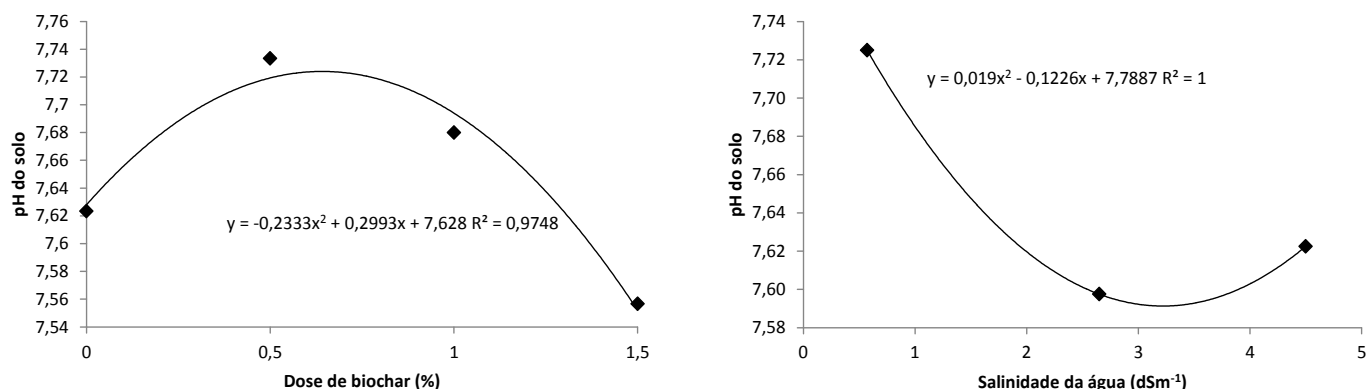


Figura 5. pH do Neossolo Flúvico em função da dose de biochar (A) e do nível de salinidade da água (B).

O pH demonstrou efeito da interação entre os fatores dose de biochar e nível de salinidade da água apenas no Argissolo, no qual o desdobramento mostra aumento linear de 8% do pH com a dose de biochar para a água mais salina (4,50 dS m⁻¹) e aumento quadrático para a água de 0,57 dS m⁻¹ de até 15% com a dose de 1,5% de biochar, enquanto que para a água de 2,65 dS m⁻¹ o pH diminuiu até a dose de 0,8%. Nos outros solos verificou-se efeito individual dos fatores, tendo o efeito das doses de biochar sido quadrático crescente no Cambissolo e com ponto de máximo pH na dose de 0,6% no Neossolo Flúvico. O aumento do pH do solo é o efeito mais estudado da aplicação de biochar e um de seus principais efeitos positivos, que promove aumento em produtividade das culturas (Sohi et al., 2010; Verheijen et al., 2010; Jeffery et al., 2011). De acordo com Streubel et al. (2011), o aumento no pH se deve à natureza alcalina do biochar, havendo troca de íons H⁺ com o solo.

Entretanto, os níveis de salinidade da água exerceram efeito linear negativo no Cambissolo e quadrático com ponto de mínimo pH no nível de 3,2 dS m⁻¹ no Neossolo Flúvico. Apesar de Holanda Filho et al. (2011) ter obtido aumento do pH do solo com aumento da salinidade da água de irrigação. Travassos et al. (2011), após a irrigação com águas com níveis crescentes de condutividade elétrica, observaram aumento no pH em relação ao pH inicial do solo sem irrigação, sem diferença entre os níveis de CE da água. Neste sentido, Porto Filho et al. (2011) discutem que o motivo para a não elevação do pH do solo quando irrigado com águas salinas é a predominância, nas águas utilizadas, de Na⁻ e de Cl⁻ em relação a HCO₃⁻. A explicação seria que a neutralidade do NaCl inibiria a hidrólise do Na⁻, a qual poderia elevar o pH, e baixas concentrações de

NaCO₃ que na presença de H₂O possibilitaria reações alcalinas que poderiam resultar em valores muito elevados de pH.

CONCLUSÕES

Em geral, o maior nível de salinidade da água aplicada aumentou a CE do extrato de saturação dos solos e diminuiu seu pH;

A aplicação de biochar causou redução na CEes para as duas águas mais salinas apenas no Cambissolo;

Em geral, a dose de biochar causou aumento no pH do solo.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, S. S.; ANDERSEN, M. N.; LIU, F.** Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*, v.158, n.1, p.61-68, 2015.
- ARAÚJO, C.A.S.; RUIZ, H.A.; CAMBRAIA, J. NEVES, J.C.L.; FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. Seleção varietal de *Phaseolus vulgaris* quanto à tolerância ao estresse salino com base em variáveis de crescimento. *Revista Ceres*, v.57, n.1, p.132-139, 2010.
- AQUINO, J. P. A.; BEZERRA, A. A. C.; ALCÂNTARA NETO, F.; LIMA, C. J. G. S.; SOUSA, R. R. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water quality. *Revista Caatinga*, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2017.
- BARBOSA, F. S.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; FARIAS, G. C.; SILVA JÚNIOR, R. J. C.; LAGE, Y. A.; HERNANDEZ, F. F. F. Yield and ion content in maize irrigated with saline water in a continuous or alternating system. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.10, p.1731-1737, 2012.
- BENITES, W. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S. Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as terras pretas de índio. In: **As Terras Pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Ed.s: Teixeira, W. G.; Kern, D. C.; Madari, B. E.; Lima, H. N.; Woods, W. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, Capítulo de livro. 286- 297, 2009.
- CARMO FILHO, F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados Climatológicos de Mossoró: Um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM. 1991. 121 p. (Coleção Mossoroense, C 30).
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro:

Embrapa Solos, 2000. 41 p. – (Embrapa Solos. Circular Técnica; 6).

CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M. DO; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.

EKEBAFE, M. O.; EKEBAFE, L. O.; MALIKI, M. Utilisation of biochar and superabsorbent polymers for soil amendment. Science Progress, v. 96, n. 1, p.85-94, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

230p.

FEIJÃO, A. R.; MARQUES, E. C.; SILVA, J. C. B.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade. Bragantia, Campinas, v. 72, n. 1, p.10-19, 2013

FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR: sistema de análise de variância**. Versão 5.1 (Build 72). Lavras: DEX/UFLA. 2007.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London. 2011. 285 p.

FURTADO, G. F.; SOUSA, J. J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.2, p.291-299, 2014.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. 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.

HOLANDA FILHO, R, S, F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2011.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity

using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Melbourne, v. 144, p. 175-187, 2011.

LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.663-675, 2011.

MEDEIROS, R. F. CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.505-511, 2011.

MESQUITA, F. O.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; REBEQUI, A. H.; LIMA NETO, A. J.; NUNES, J. C. N. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo submetidas à salinidade do solo com biofertilizante bovino. **Ciencia del Suelo**, v. 30, n. 1, p. 31-41, 2012.

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M.; SANTOS, K. C. F.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 484-490, 2011.

PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOUSA, P. S.; DANTAS, D. C. Evolução da salinidade e ph do solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1130-1137, 2011.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, U. S. Salinity Laboratory, USDA. Agriculture handbook, 60. 1954.

SANTOS, H.G. DOS; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBREAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, E. M.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. S.; SOUZA, L. P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n.3, p. 1-7, 2016.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, v. 105, p. 47-82, 2010.

SOUSA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

SOUZA, F. G.; FARIAS, S. A. R.; FERREIRA FILHO, J. G. A.; BRITO, K. Q. D. Comportamento dos

teores de sais em perfil de solo com vegetação nativa e culturas irrigadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 60-65, 2016.

STREUBEL, J. D.; COLLINS, H. P.; GARCIA-PEREZ, M.; TARARA, J.; GRANATSTEIN, D.; KRUGER, C. E. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 75, p. 1402-1413, 2011.

THOMAS, S. C.; FRYE, S.; GALE, N.; GARMON, M.; LAUNCHBURY, R.; MACHADO, N.; MELAMED, S.; MURRAY, J.; PETROFF, A.; WINSBOROUGH, C. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. **Journal of Environmental Management**, v. 129, n. 1, p. 62-68, 2013.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.

VERHEIJEN, F.; JEFFERY, S.; BASTOS, A.C.; VELDE, M. VAN DER; DIAFAS, I. **Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions**. Luxembourg: European Commission, 2010. 149p.

ZHANG, Y.; IDOWU, O. J.; BREWER, C. E. Using agricultural residue biochar to improve soil quality of desert soils. **Agriculture**, v. 6, n. 1, p.1-11, 2016.

Recebido em 30/9/2019. Aceite: 13/11/2019.

Sobre os autores:

Maria Eugênia da Costa – Docente no curso de graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

Contato: eugenia.ufersa@gmail.com

Erlen Kaline Ávila do Nascimento – Acadêmica do curso de graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA.

Contato: erlen.kaline@gmail.com

Neyton de Oliveira Miranda - Docente no curso de graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

Contato: neyton@ufersa.edu.br

Alexandre Santos Pimenta – Docente e Pesquisador na Escola Agrícola de Jundiá Unidade Ciências Agrárias. Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN

Contato: alexandre_spimenta@hotmail.com

Ana Paula Medeiros dos Santos Rodrigues – Doutora em Agronomia - Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

Contato: anapaulamsr@yahoo.com.br

Antônio Francisco de Mendonça Júnior – Docente no curso de graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Contato: antonio.mendoncajunior@ufrpe.br