



Densidade do solo e teores de nutrientes na massa seca de milho sob diferentes salinidades da água de irrigação e doses de biochar.

Monalisa de Lima Martins⁽¹⁾; Maria Eugênia da Costa⁽²⁾; Francisco Diorge de França⁽³⁾; Juliana Paiva Pamplona⁽³⁾; Jorgiana Paula Mota de Lima⁽⁴⁾; Otacílio Filho Alves de Anchieta⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Mestranda em Manejo do Solo e Água, UFERSA; Mossoró, RN; lisa.raujo@hotmail.com; ⁽²⁾ Professora do CENTEC; Quixeramobim, CE; ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Bolsista PIBIC; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; ⁽⁴⁾ Estudantes de Agronomia, participantes do PIVIC da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

RESUMO: O trabalho teve o objetivo analisar a resposta do milho recebendo diferentes doses de carvão vegetal e três níveis de salinidade da água de irrigação. O solo utilizado foi um Argissolo, com o qual foram preenchidas colunas de PVC de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura (volume de 12500 cm³), em mistura com carvão vegetal, nas doses de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 %. Nesse contexto foi utilizado carvão vegetal com granulometria entre um e dois mm e densidade de 0,3 g cm⁻³. Os níveis de salinidade da água de irrigação eram de 0,57, 4,5 e 2,65 ds m⁻¹. A cultura avaliada foi o Milho (*Zea mays* L.) do híbrido 1051, avaliado até os 45 dias após emergência. As determinações realizadas foram de densidade do solo e teores de nutrientes na massa seca do milho. A densidade do solo recebeu efeito linear positivo das doses do biochar. Entre os nutrientes analisados, apenas o teor de Mg nas plantas de milho foi influenciado pela dose de biochar e níveis de salinidade da água de irrigação.

Termos de indexação: nutrição, porosidade, carvão vegetal.

INTRODUÇÃO

O carvão vegetal, oriundo da carbonização (processo de queima parcial em ambiente controlado e limitado em oxigênio) de materiais ligno-celulósicos (madeira), é uma opção para a produção de carbono pirogênico, quando de forma industrial, sem a liberação do CO₂ e outros gases condensáveis e não condensáveis para a atmosfera, utilizando-se fornos apropriados para tal finalidade (Petter, 2010).

A presença de biochar pode contribuir para mudanças significativas nas propriedades físicas do solo, alterando características tais como: textura, estrutura, porosidade, diâmetro dos poros, distribuição granulométrica, densidade (Downie et al., 2009), além de influenciar aeração, retenção e disponibilidade de água e nutrientes principalmente o potássio e redução na acidez do solo (Atkinson et al., 2010; Verheijen et al., 2010; Clough et al., 2013).

A melhoria na agregação, infiltração e retenção de água, atribuídas ao biochar, principalmente em

solos arenosos, reduz frequência, quantidade e custos de irrigação. Essa redução é importante em regiões semiáridas, onde o estresse hídrico torna necessária a irrigação para atender a demanda das plantas (Atkinson et al., 2010; Verheijen et al., 2010; Streubel et al., 2011).

Todas essas alterações nas propriedades físicas podem levar a mudanças em outras propriedades do solo, principalmente químicas e biológicas, em função do surgimento de sítios quimicamente reativos (Brady & Weil, 2008).

O objetivo desse trabalho foi verificar a resposta da cultura do Milho (*Zea mays* L.) e do solo recebendo diferentes doses de carvão e níveis de salinidade da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, em Mossoró-RN, no período entre 29 de janeiro e 20 de março. As coordenadas geográficas do local são 5° 11' de latitude ao sul e 37° 20' de longitude a oeste de Greenwich, e altitude de 18 m.

O solo utilizado é classificado como Argissolo, tendo sido coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA. Algumas características físicas do solo estão apresentadas na **tabela 1** e características químicas na **tabela 2**.

Tabela 1 – Caracterização física do argissolo da Fazenda Experimental Rafael Fernandes na camada de 0-20 cm.

Frações Granulométricas (kg kg ⁻¹)				
Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila
0,63	0,27	0,91	0,03	0,06

¹ Solo antes da aplicação dos tratamentos.

Com esse solo foram preenchidas colunas de PVC de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura (volume de 12500 cm³) em mistura com carvão vegetal, nas doses de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 %. O carvão vegetal possuía granulometria entre um e dois mm e densidade de 0,3 g cm⁻³.



A cultura avaliada foi o Milho (*Zea mays* L.) utilizando-se a cultivar híbrido 1051. Na semeadura foram utilizadas cinco sementes por coluna, das quais permaneceram duas plantas até o final do crescimento vegetativo. Como adubação, foram incorporados superficialmente 10 g de MAP em cada coluna antes do plantio.

A altura da planta e o número de folhas foram determinados quatro vezes durante o experimento (20/02, 27/02, 06/03 e 13/03), sendo usado como parâmetro de crescimento; ao final do experimento foi avaliada a massa seca da parte aérea do milho (g por coluna), sendo escolhida uma planta para tal, que foi cortada rente ao solo e seca em estufa por três dias a 65°C.

Saturou-se o solo e procurou-se, com auxílio de tensiômetros, mantê-lo com teor de água próximo à capacidade de campo, irrigando-se quando a tensão atingia 20 mbar. As colunas foram irrigadas diariamente por meio de micro tubos, usando-se águas possuindo três níveis de salinidade: 1 - Água potável de abastecimento público (0,57 dS m⁻¹); 2 - água equivalente a de um poço raso localizado na UFERSA (4,5 dS m⁻¹); 3 - água oriunda da mistura das duas anteriores (2,65 dS m⁻¹). A água 2 foi produzida previamente com a mistura dos sais NaCl, CaCl₂·2H₂O e MgSO₄·6H₂O de modo que a relação catiônica Na:Ca:Mg foi de 7:2:1.

Ao final do experimento as plantas foram cortadas rente ao solo e levadas para estufa durante três dias a 65°C; a seguir foram moídas para determinação do teor dos nutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), na massa seca da parte aérea. A densidade do solo foi determinada como relação massa/volume de solo seco em estufa, a partir de amostras coletadas em anel de aço com volume conhecido.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 3 x 4 (salinidade da água x doses de biochar). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias dos fatores qualitativos (Tukey, p<0,05), além da análise de regressão dos fatores quantitativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância foi significativa apenas para o efeito da dose de carvão sobre a densidade do solo e o teor de magnésio na massa seca parte aérea (MSPA) do milho, sendo que este elemento também do nível de salinidade da água de irrigação. Nenhuma das variáveis recebeu efeito significativo da interação dose x salinidade (**Tabela 3**). Isso é

confirmado por Downie (2011), que cita mudanças significativas nas propriedades físicas do solo devido ao biochar, alterando características como textura, estrutura, porosidade, granulométrica e densidade. A ausência de resposta à salinidade pode ter ocorrido devido ao curto tempo de exposição do solo e das plantas às diferentes concentrações de sais da água de irrigação.

Observando-se a **tabela 4**, verifica-se que dentre a densidade e todos os nutrientes analisados na MSPA do milho, apenas o teor de Mg apresentou diferença entre médias referentes às doses de biochar, destacando-se a dose de 0,5%, sendo que as outras doses não diferiram da testemunha. Mesmo assim, não foi obtida equação de regressão com parâmetros significativos para expressar a relação entre a dose de biochar e o teor de magnésio na planta.

De forma semelhante ao efeito do biochar, as médias de densidade do solo e dos nutrientes na planta de milho não diferiram entre si, com exceção do teor de magnésio (**Tabela 5**). Este elemento apresentou o menor teor nas plantas irrigadas com a água de menor salinidade, que diferiu significativamente dos outros níveis de salinidade. Isso pode ser atribuído a que as águas de maior salinidade acrescentaram magnésio ao solo.

Todas as doses do biochar promoveram redução na densidade do solo, frente à testemunha, exceto a dose 0,5% (Tabela 4). Isso é confirmado pela observação de que a densidade do solo apresentou comportamento linear decrescente em função da dose de biochar aplicada, como representado pela equação de regressão a seguir, cujo coeficiente de determinação foi de 0,26, onde X é a dose de biochar e os símbolos (**) indicam que os parâmetros da equação são significativos (p<0,05). Densidade = 1,425*8 - 0,113**X.

Nesse sentido, Ouyang et al. (2013), afirmam que o biochar promove a formação de agregados no solo, principalmente macroagregados e diminui densidade do solo. A confirmação também foi feita por Albuquerque et al. (2013) que analisando doses de biochar em palha de trigo (0; 0,5; 1 e 2,5 %, base massa) proporcionou diminuição de 1,56 para 1,49 g cm⁻³ na densidade do solo.

Vários trabalhos relatam a diminuição na densidade do solo após a aplicação do biochar, entre eles, Rogovska et al (2011) testaram doses de 0, 5, 10 e 20 g kg⁻¹ de solo em colunas. Ao final de 500 dias, a densidade do solo das colunas recebendo biochar foi em média 7% menor do que nas colunas testemunha; Brockhoff et al. (2010), em solo arenoso sob gramado, observaram diminuição na densidade observada por foi de 1,75 para 1,57 g cm⁻³ com o aumento da dose de biochar de 0 para 25%; Barnes et al. (2014), observaram diminuição



de 17% na densidade de solo arenoso após aplicação de dose de 10% de biochar

A natureza porosa, superfície específica e tamanho de partículas do biochar aplicado ao solo influenciam diretamente a retenção de água, estrutura e porosidade do solo por meio da alteração da superfície total das partículas do solo, distribuição do tamanho de poros e densidade do solo (Ouyang et al., 2013; Carvalho et al., 2013; Ulyett et al., 2014). Essas mudanças nas propriedades do solo são importantes em condições de campo, onde a disponibilidade de água e densidade do solo beneficiam a germinação, o crescimento das plantas e sua produtividade (Albuquerque et al., 2013).

CONCLUSÕES

A densidade do solo recebeu efeito linear positivo das doses do biochar.

Ente os nutrientes analisados, apenas o teor de Mg nas plantas de milho foi influenciado pela dose de biochar e níveis de salinidade da água de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALBURQUERQUE, J. A. et al. DEL CAMPILLO, M. C.; GALLARDO, A.; VILLAR, R. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development*, 33: 475–484, 2013.
- ATKINSON, C. J., FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337: 1–18, 2010.
- BARNES, R. T. et al. Biochar-induced changes in soil hydraulic conductivity and dissolved nutrient fluxes constrained by laboratory experiments, 9: 1-9, 2014.
- BRADY, N. C., WEIL, R. R. The nature and properties of soils., 14. Prentice Hall, Upper Saddle River, Estados Unidos: New Jersey, 2008. p. 763 - 763.
- BROCKHOFF, S. R. et al.. Physical and mineral nutrition properties of sand-based turfgrass root zones amended with biochar. *Agronomy Journal*, 102: 1627–1631, 2010.
- CARVALHO, M. T. M. et al. Biochar improves soil fertility of a clay soil in the Brazilian Savannah: short term effects and impact on rice yield. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 114: 101-107, 2013.
- CLOUGH, T. J. et al. Review of biochar and soil nitrogen dynamics. *Agronomy*, 3: 275-293, 2013.
- DOWNIE, A. Biochar production and use: environmental risks and rewards. 2011. 287 f. Doctoral Thesis (PhD student in Materials Science and Engineering). School of material sciences and engineering. University of New South Wales, 2011.
- DOWNIE, A., CROSKY, A., MUNROE, P. Physical Properties of Biochar. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. ed. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. 1.ed. Ed.Londres: earthscan, 2009. p. 312-313.
- OUYANG, L. et al. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13: 991-1002, 2013.
- PETTER, F.A. Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agrônômicos do seu uso em solos de cerrado. 2010. 130 f. Tese de Doutorado (Doutorando em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, 2010.
- ROGOVSKA, N. et al. Impact of biochar on manure carbon stabilization and greenhouse gas emissions. *Soil Science Society of America Journal*, 75: 871–879, 2011.
- STREUBEL, J. D. et al. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. *Soil Science Society of America Journal*, 75: 1402-1413, 2011.
- ULYETT, J. et al. Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. *European Journal of Soil Science*, 65: 96–104, 2014.
- Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions, Disponível em: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eusoils_docs/other/eur24099.pdf>. Acesso em 8 abr. de 2015.



Tabela 2 - Caracterização química do argissolo¹ da Fazenda Experimental Rafael Fernandes na camada de 0-20 cm.

pH	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
(água)	g kg ⁻¹		mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³						%
5,66	20,59	9,0	45,0	8,6	1,36	0,84	1,20	1,98	2,35	3,55	4,33	54	34	1

¹ Solo antes da aplicação dos tratamentos.

Tabela 3 - Análise da variância de densidade do solo (Ds) e teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na massa seca do milho sob efeito de doses de biochar e níveis de salinidade da água de irrigação.

Causas de Variação	GL	Ds	N	P	K	Ca	Mg
Valor do teste F							
Dose (Do)	3	7,22**	0,81 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,58 ^{ns}	4,44**
Água (Ag)	2	1,09 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,47 ^{ns}	16,74**
Do x Ag	6	1,96 ^{ns}	0,65 ^{ns}	2,29 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,75 ^{ns}
Resíduo	36	-	-	-	-	-	-
Total	47	-	-	-	-	-	-
Média		1,51 g cm ⁻³	3,02 g kg ⁻¹	0,36 g kg ⁻¹	4,40 g kg ⁻¹	0,59 g kg ⁻¹	0,30 g kg ⁻¹
CV (%)		6,70	31,21	40,87	36,32	38,76	30,67

GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação. **significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo.

A tabela 3 comprova que não houve diferença em nutrientes, exceto Mg, da MSPA do milho entre os níveis de salinidade da água e doses do biochar.

Tabela 4 - Comparação de médias dos teores de nutrientes (g kg⁻¹) na massa seca da parte aérea do milho e densidade do solo (g cm⁻³) recebendo diferentes doses de biochar.

Dose (%)	Densidade	Ca	Mg	P	N	K
0,0	1,58 A	0,51 A	0,27 B	0,37 A	3,09 A	4,91 A
0,5	1,57 A	0,64 A	0,38 A	0,35 A	3,27 A	4,86 A
1,0	1,45 B	0,67 A	0,25 B	0,31 A	3,05 A	3,64 A
1,5	1,44 B	0,52 A	0,29 AB	0,44 A	2,68 A	4,23 A

Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tabela 5 - Comparação de médias dos teores de nutrientes (g kg⁻¹) na massa seca da parte aérea do milho e densidade do solo (g cm⁻³) recebendo diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Salinidade (dS m ⁻¹)	Densidade	Ca	Mg	P	N	K
1 - 0,57	1,48 A	0,56 A	0,19 B	0,30 A	3,12 A	4,69 A
2 - 4,50	1,53 A	0,63 A	0,35 A	0,40 A	3,02 A	4,12 A
3 - 2,65	1,52 A	0,57 A	0,35 A	0,38 A	2,93 A	4,41 A

Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).