



## O cultivo do milheto com água salobra e adubação orgânica altera as características do solo

### Pearl millet cultivation with brackish water and organic fertilizer alters soil properties

Cleyton de Almeida Araújo<sup>1</sup> , Jaciele Beserra de Lira<sup>2</sup> , André Luiz Rodrigues Magalhães<sup>3</sup> , Thieres George Freire da Silva<sup>4</sup> , Glayciane Costa Gois<sup>1\*</sup> , Alberício Pereira de Andrade<sup>3</sup> , Gherman Garcia Leal de Araújo<sup>5</sup> , Fleming Sena Campos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina, PE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Garanhuns, PE, Brasil

<sup>4</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada, PE, Brasil

<sup>5</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Petrolina, PE, Brasil

\*Correspondente: [glayciane\\_gois@yahoo.com.br](mailto:glayciane_gois@yahoo.com.br)

#### Resumo

Regiões semiáridas são caracterizadas pela elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluvial, favorecendo o acúmulo de sais quando irrigado com água salobra. Objetivou-se avaliar o efeito do cultivo de milheto com níveis de água salobra e fertilização orgânica nas propriedades químicas e físicas do solo. Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com arranjo fatorial, em parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por quatro lâminas de irrigação (25, 50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura) e as subparcelas foram compostas por quatro níveis de fertilização orgânica (0; 15; 30 e 45 Mg ha<sup>-1</sup>). No final do ciclo de produção do milheto, o solo foi coletado nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, para aspectos físicos (densidade do solo, densidade de partículas e porosidade) e químicos (CE, pH, K, Na, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC, V). Não houve interação entre a água salobra e a fertilização orgânica nas propriedades químicas do solo. A água salobra reduziu o potássio na camada de 0,20-0,40 m. Observou-se efeito linear negativo para densidade na camada 0,20 - 0,40 m sob níveis de fertilização orgânica. Níveis de água salobra e fertilizante orgânico no cultivo do milheto não altera as propriedades químicas e físicas do solo na camada de 0-0,20 m. Porém, o uso de água salobra reduz a concentração de potássio no solo e a aplicação de fertilização orgânica reduz a densidade do solo na camada de 0,20-0,40 m.

**Palavras-chave:** Agricultura bioassalina; *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br; Saturação por bases

#### Abstract

Semi-arid regions are characterized by high evapotranspiration and low rainfall, favoring the accumulation of salts when

Recebido  
24 de agosto de 2021.

Aceito  
22 de novembro de 2021.

Publicado  
9 de dezembro de 2021.

[www.revistas.ufg.br/vet](http://www.revistas.ufg.br/vet)

Como citar - disponível no site,  
na página do artigo.

irrigated with brackish water. The aim of this study was to evaluate the effect of pearl millet cultivation with brackish water levels and fertilized with organic fertilizer on the chemical and physical properties of the soil. A split plot randomized block design was adopted, in a factorial arrangement, with three repetitions. Plots consisted of four irrigation levels (25, 50, 75 and 100% crop evapotranspiration) and subplots consisted of four levels of organic fertilizer (0; 15; 30 and 45 Mg ha<sup>-1</sup>). At the end of the pearl millet production cycle, soil was collected from layers 0-0.20 m and 0.20-0.40 m, for physical (soil bulk density, particle density and porosity) and chemical (EC, pH, K, Na, Ca, Mg, H + Al, SB, CEC, V) properties. There was no effect of interaction of brackish water levels and organic fertilizer levels on soil chemical properties. Brackish water reduced potassium on layer 0.20-0.40 m. A negative linear effect was found for density in the 0.20-0.40 m layer under different levels of organic fertilizer. Brackish water levels and organic fertilizer levels in the cultivation of pearl millet does not alter soil chemical and physical properties at the 0-0.20 m layer. However, the use of brackish water reduces the concentration of potassium in the soil and the application of organic fertilizer reduces soil density at the 0.20-0.40 m layer.

**Key words:** Base saturation; Biosaline agriculture; *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

---

## Introdução

O Nordeste brasileiro tem 70% do seu território incluídos na região semiárida<sup>(1)</sup>. Esta região é caracterizada por má distribuição de chuvas e altas taxas de evaporação. Devido a essas características e à escassez de chuvas, os mananciais são considerados insuficientes nessas regiões<sup>(2)</sup>. Apesar dos elevados níveis de sais solúveis nos recursos hídricos da região semiárida, na ausência de outras fontes, a água salobra e salina representam a única alternativa a ser utilizada pelos agricultores tanto para irrigação quanto para a dessedentação dos rebanhos<sup>(3)</sup>.

Solos da região semiárida contêm alto teor de sódio, favorecendo a solubilização do sódio em lençóis freáticos<sup>(4)</sup>. Porém, o uso de água salobra promove alterações nas propriedades físico-mecânicas e químicas do solo. A água salobra pode atuar na dispersão das argilas do solo, resultando no entupimento dos poros devido ao excesso de sódio, o que proporciona um aumento na compactação do solo, reduzindo a infiltração da água<sup>(5, 6)</sup>. Além disso, o excesso de íons sal prejudica o crescimento, a respiração, a expansão radicular, além da captação de água e fixação de CO<sub>2</sub> pela planta<sup>(7)</sup>. O aumento das concentrações de sais e sódio trocável no solo pode causar infertilidade do solo, aumentando a susceptibilidade à erosão, além da contaminação de reservas hídricas subterrâneas e lençóis freáticos<sup>(8)</sup>.

A utilização de compostos orgânicos de origem animal como fertilizante orgânico é uma prática útil e econômica amplamente utilizada por agricultores do semiárido

Brasileiro. Essa prática atenua o efeito da salinidade do solo, através da produção de ácidos húmicos e ácidos orgânicos, promovendo um aumento na solubilização de carbonatos<sup>(9, 10, 11)</sup>, proporcionando um retardo no efeito de adição de sais ao solo através da irrigação, e lixiviação desses sais durante a estação chuvosa<sup>(12)</sup>. Segundo Silva et al.<sup>(13)</sup>, o fertilizante orgânico incorporado ao solo melhora a estrutura física, reduzindo a massa do solo, o que favorece a porosidade e a condutividade elétrica. Além disso, a fertilização orgânica atenua os efeitos nocivos dos sais no ambiente das raízes das plantas. Souza et al.<sup>(14)</sup> argumentam que substâncias húmicas liberadas pela decomposição de fontes utilizadas como fertilizantes orgânicos estimulam a captação de água e nutrientes pelas plantas em ambientes salinos.

Nesse contexto, o uso de água salobra é uma alternativa viável, quando aliada a técnicas de manejo do solo<sup>(15)</sup>, que permite a reorganização e disponibilização do componente mineral do solo favorecendo o desenvolvimento das culturas, além de um aporte hídrico considerado limitante para produção de forragens. Assim, o uso de água salobra e a aplicação de doses de fertilizante orgânico durante a produção agrícola torna-se uma estratégia sustentável para a produção de alimentos em regiões de terras secas, especificamente no semiárido do Nordeste brasileiro<sup>(16)</sup>.

Dentre a diversidade de forragem disponível para alimentar rebanhos em regiões semi-áridas, o milho (*Pennisetum glaucum*) apresenta boa produtividade e qualidade nutricional, ciclo curto e capacidade de rebrota<sup>(17, 18)</sup> além de tolerância ao estresse salino<sup>(19, 20)</sup>, características que tornam o milho uma alternativa sustentável para cultivo em sistemas biosalinos.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do cultivo do milho com níveis de água salobra e fertilizante orgânico sobre as propriedades físicas e químicas do solo.

## Material e métodos

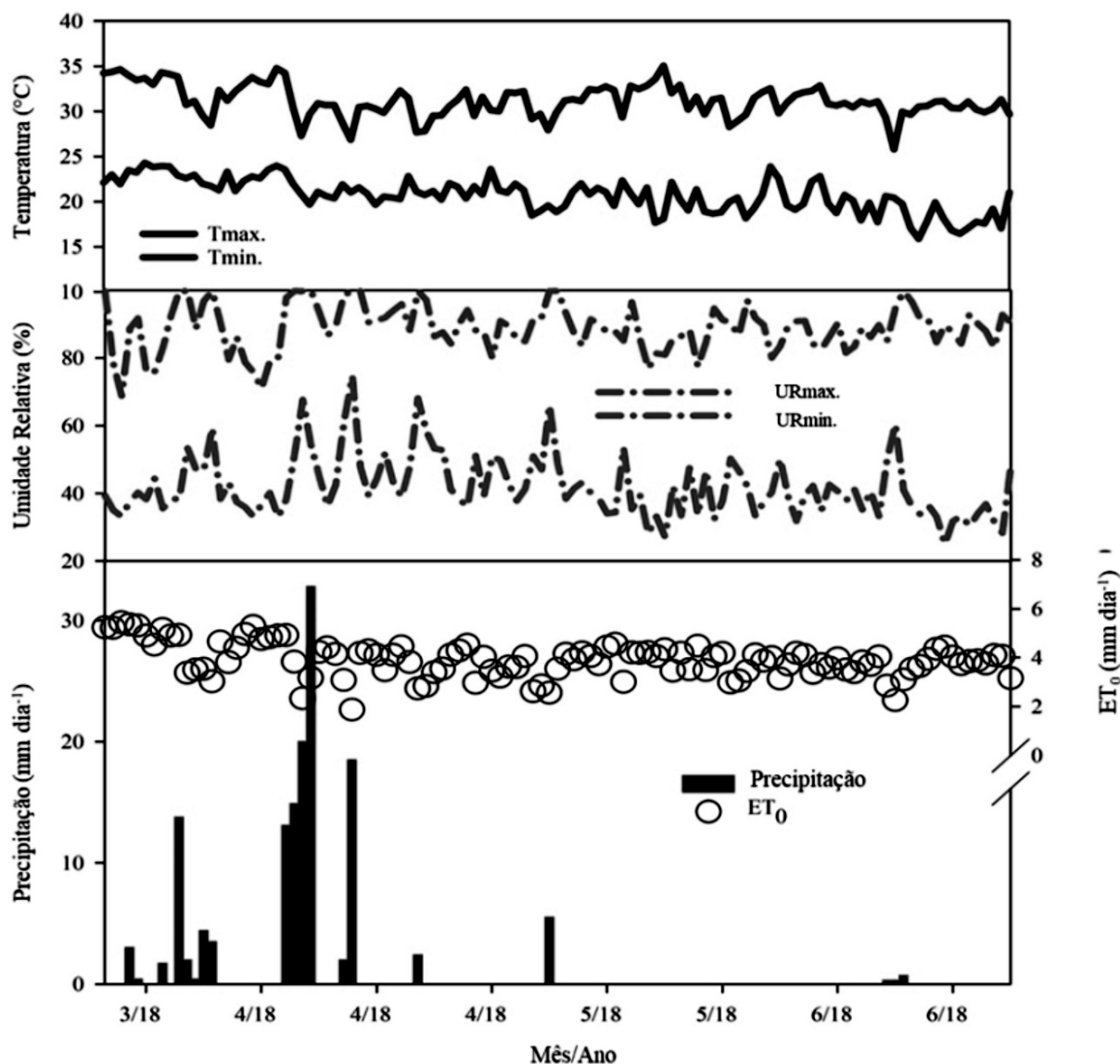
### *Local do experimento*

O experimento foi conduzido na Área de Prospecção em Estudos de Biosalina, pertencente à Embrapa Semiárido, Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil (latitude 9° 8' 8,9" S, longitude 40° 18' 33,6" W, altitude 373 m) de Março a Junho de 2018.

O clima é semi-árido quente, BSw<sup>h</sup> de acordo com Köppen e Geiger<sup>(21)</sup>, com uma precipitação média anual de 400 mm. As condições ambientais foram monitoradas diariamente durante o período experimental por uma estação meteorológica automática, com temperatura média de 25,6 °C, evapotranspiração média diária de 4,1 mm d<sup>-1</sup> e precipitação total de 140,8 mm (Figura 1), porém a precipitação concentrou-se entre Março e Abril.

### *Milho*

O experimento foi desenvolvido com o milho da variedade ADR 300. A semeadura foi realizada em Março de 2018, em sulcos, com aproximadamente 40 sementes por metro de linha, a uma profundidade de 0,01 m. Quinze dias após a emergência, foi feito o desbaste para manter 15 plantas por metro de linha. A capina manual foi realizada aos 30 DAS (dias após a semeadura), seguida da aplicação preventiva de inseticida contra a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) aos 40 e 60 DAS.



**Figura 1.** Variáveis climáticas ao longo do período experimental na área de Prospecção em estudos bioassalinos, Embrapa Semiárido, Petrolina, Estado de Pernambuco, Brasil.

#### *Delineamento experimental*

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, e três repetições. As parcelas consistiram de quatro níveis de irrigação com água salobra (I; 25, 50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura) e as subparcelas consistiram de quatro níveis de fertilizante orgânico (FO; 0; 15; 30 e 45 Mg ha<sup>-1</sup>, com base na matéria natural). Cada subparcelas experimental foi composta por seis linhas de plantio, com 6 m de comprimento, 3,6 m de largura e 0,60 m entre linhas, totalizando 48 subparcelas.

#### *Coleta de amostras*

Amostras de solo da área experimental antes do plantio do milho (Figura 2) foram coletadas nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm para análises físicas e químicas (Tabela 1). O solo da área experimental foi classificado como Acrissolo, relevo plano, com textura média<sup>(22)</sup>. O solo foi preparado com aração, gradagem e sulcado antes do plantio.

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas do solo antes do plantio do milho

Variáveis		Identificação das amostras (cm)		
		0 - 20	20 - 40	
CE	dS m <sup>-1</sup>	1.33	2.20	
pH	-	4.60	5.70	
V	%	64.0	50.9	
C Total	g/kg	4.60	4.10	
K	cmol dm <sup>-3</sup>	0.23	0.16	
Na	cmol dm <sup>-3</sup>	0.27	0.68	
Ca	cmol dm <sup>-3</sup>	1.60	1.40	
Mg	cmol dm <sup>-3</sup>	0.60	0.60	
Al	cmol dm <sup>-3</sup>	0.05	0.00	
H+Al	cmol dm <sup>-3</sup>	1.50	2.70	
SB	cmol dm <sup>-3</sup>	2.70	2.80	
CTC	cmol dm <sup>-3</sup>	4.20	5.60	
P	mg dm <sup>-3</sup>	6.14	1.22	
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1.07	1.65	
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	21.40	23.00	
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	18.20	14.60	
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	4.54	3.13	
Densidade	kg dm <sup>-3</sup>	Solo	1.49	1.37
	kg dm <sup>-3</sup>	Partículas	2.59	2.51
Porosidade Total		(%)	42.40	45.41
Granulometria	g kg <sup>-1</sup>	Areia	808.10	721.70
	g kg <sup>-1</sup>	Silte	116.9	195.3
	g kg <sup>-1</sup>	Argila	75.00	83.00

CE = condutividade elétrica do extrato de saturação; pH = potencial hidrogeniônico determinado em água na proporção de 1: 2,5; V = saturação de base; C total = carbono total; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; Al = alumínio trocável; H + Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica em pH 7,0; P = fósforo disponível extraído por Mehlich; Cu = cobre disponível; Fe = ferro disponível; Mn = manganês disponível; Zn = zinco disponível

No período anterior a este experimento, a área experimental foi utilizada para a semeadura de milho e sua produtividade foi avaliada em 130 dias (2 ciclos), durante o período de Setembro de 2017 a Janeiro de 2018. Nesse período, a precipitação média foi de 0,57 mm (87 mm) e a evapotranspiração média (ETo) foi de 5,32 mm. O milho



foi irrigado com 426 mm de água salobra no período experimental. Durante esse período, a fertilização com nitrogênio foi realizada com  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de ureia, aplicada manualmente e parcelada em duas aplicações: a primeira na semeadura, com  $20 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , e a segunda, 20 dias após a emergência, com  $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , fertilização fosfatada com  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, como superfosfato simples, e fertilização potássica com  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, como cloreto de potássio. Quinze dias antes da semeadura,  $50 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria orgânica foram aplicadas na área experimental.



**Figura 2.** Área experimental antes do plantio de milho

#### *Evapotranspiração de referência*

A evapotranspiração de referência foi calculada de acordo com Allen et al.<sup>(23)</sup>. A água foi aplicada de acordo com a evapotranspiração da cultura (ETc), obtida pela multiplicação de ETo pelo coeficiente de cultura (Kc). Os valores de Kc adotados (estádio inicial - 0,40; estágio de desenvolvimento vegetativo - 0,68; estágio de floração - 1,14; estágio de maturação fisiológica - 1,10) foram provenientes do estudo de Lima<sup>(24)</sup> para a cultura do sorgo.

#### *Água*

A água utilizada para irrigação provinha de poços subterrâneos com vazão aproximada de  $1.500 \text{ L h}^{-1}$  e uma amostra semanal foi coletada para análises físicas e químicas (Tabela 2), visando possíveis variações, o que não foi observado durante o período experimental. A água utilizada para irrigação foi identificada como C3S1 (Tabela 2), classificada com alta salinidade, baixo teor de sódio e dureza moderada ( $75\text{-}150 \text{ mg L}^{-1}$ )

baseado no carbonato de cálcio, segundo classificação de Richards<sup>(25)</sup>.

**Tabela 2.** Valores médios das análises físicas e químicas da água salobra utilizada durante o período experimental

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	pH	CE	Dureza	RAS
mmol L <sup>-1</sup>						dS m <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	
15.14±0.47	6.89±1.87	3.72±0.44	0.29±0.02	22.04±0.66	7.38±0.21	1.73±0.03	109.76±9.40	0.62±0.11

Ca = cálcio; Mg = magnésio; Na = sódio; K = potássio; Cl = cloreto; pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio

### *Irrigação*

A irrigação foi realizada três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira), por emissores com vazão de 0,9 L h<sup>-1</sup> (100 kPa), espaçados de 0,20 m. Os eventos de irrigação foram realizados em sistema de gotejamento com coeficiente de uniformidade de 93% e considerando o coeficiente de localização em função da porcentagem de área úmida, conforme sugerido por Montovani et al.<sup>(26)</sup>. Como os tratamentos consistiram em diferentes lâminas de irrigação com base na evapotranspiração da cultura, nenhuma lâmina de lixiviação foi adotada.

As lâminas de irrigação equivalentes a 25, 50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura durante os 63 dias anteriores ao primeiro corte foram de 50,00, 82,00, 114,00, 146,00 mm, respectivamente, e ao longo dos 46 dias anteriores ao segundo corte, as lâminas de irrigação aplicadas foram de 40,00; 80,00; 120,00 e 161,00 mm. A lâmina de água aplicada por irrigação totalizou 90 mm (0,82 mm d<sup>-1</sup>), 162 mm (1,48 mm d<sup>-1</sup>), 234 mm (2,1 mm d<sup>-1</sup>) e 307 mm (2,81 mm d<sup>-1</sup>) para tratamentos de 25, 50, 75 e 100% da evapotranspiração de referência, respectivamente.

### *Fertilizante orgânico*

O fertilizante orgânico utilizado foi esterco caprino e bovino, previamente curtido; esta mistura orgânica possui as seguintes características: matéria seca = 73,88% na matéria natural, condutividade elétrica = 12,27 dS m<sup>-1</sup>, pH = 8,3; fósforo = 355,39 cmolc dm<sup>-3</sup>; potássio = 243,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; sódio = 20,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; cálcio = 6,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; magnésio = 2,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; cobre = 1,45 mg dm<sup>-3</sup>; ferro = 5,36 mg dm<sup>-3</sup>; manganês = 58,13 mg dm<sup>-3</sup> e zinco = 2,43 mg dm<sup>-3</sup>.

A fertilização com nitrogênio foi aplicada com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia; a primeira na semeadura, com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, a lanço superficial, e a segunda, 20 dias após a semeadura, com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N via fertirrigação. A fertilização também foi realizada com 60 kg ha<sup>-1</sup> de P como superfosfato simples e com 20 kg ha<sup>-1</sup> de K, como cloreto de potássio.

A fertilização orgânica foi aplicada manualmente nas subparcelas, de acordo com os níveis predeterminados.

### *Análise*

Após o término do ciclo vegetativo (109 dias), o solo foi coletado em duplicata e homogeneizado para formar amostras compostas, por subparcela, nas camadas de

0-0,20 e 0,20-0,40 m próximo às raízes das plantas, utilizando um Trado Holandês (TF-20, SONDATERRA®, São Paulo, Brasil) para avaliar os seguintes parâmetros químicos: pH e condutividade elétrica<sup>(27)</sup>, concentrações de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e alumínio (Al)<sup>(28)</sup>, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V) e acidez trocável (H + Al)<sup>(29)</sup>.

Amostras de solo foram coletadas com cilindros volumétricos (0,03 x 0,05 m) nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m para avaliar os seguintes parâmetros físicos: densidade do solo, densidade de partículas e porosidade de Claessen<sup>(30)</sup>.

#### *Análise estatística*

Os dados foram analisados no Statistical Analysis System 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Todas as variáveis analisadas foram testadas pela análise de variância, considerando-se valores significativos aqueles com  $P < 0,05$ , por meio do teste de Tukey. Para o experimento, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_j + B_l + S_i E_j + \epsilon_{ijk}$$

onde:

$Y_{ij}$  = valor observado para o nível de irrigação (i) e nível de fertilizante orgânico (j);

$\mu$  = constante geral para todas as observações;

$S_i$  = efeito do i-ésimo nível de irrigação, onde  $i = 1-4$ ;

$E_j$  = efeito do j-ésimo nível de fertilizante orgânico, onde  $j = 1-4$ ;

$B_l$  = efeito de bloco;

$S_i E_j$  = efeito da interação do i-ésimo nível de irrigação e j-ésimo nível de fertilizante orgânico; e,

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Quando ocorreu efeito isolado, o seguinte modelo estatístico foi adotado:

$$Y = \alpha + \beta + e$$

onde:

Y é a variável mensurada;

$\alpha$  é o efeito fixo do tratamento;

$\beta$  é o efeito aleatório do bloco;

"e" é o erro residual.

A interação foi desdobrada quando as características estudadas mostraram efeito significativo de interação entre os fatores pelo teste de Tukey a 5% ( $P < 0,05$ ). Uma análise de regressão foi executada quando houve um efeito isolado da irrigação ou fertilizante orgânico. Os critérios de escolha dos modelos de regressão (linear ou quadrático) foram a significância dos parâmetros estimados pelos modelos e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). O erro padrão da média foi obtido a partir dos dados brutos. O PROC REG foi utilizado para análise de regressão, considerando valores de probabilidade significativos aqueles com  $P < 0,05$ .

## **Resultados e discussão**

Não houve efeito de interação entre níveis de água salobra e níveis de fertilizante orgânico nas propriedades químicas do solo ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Também não houve



efeito isolado dos níveis de água salobra e fertilizante orgânico nas propriedades químicas do solo na camada de 0-20 m sob cultivo de milho ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Os diferentes níveis de fertilizante orgânico não alteraram as propriedades químicas do solo na camada de 0,20-0,40 m ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Observou-se redução do teor de  $K^+$  no solo irrigado com água salobra na camada de 0-0,40 m ( $P = 0,03$ ; Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios das propriedades químicas do solo cultivado com milho em função dos diferentes níveis de irrigação com água salobra e fertilizante orgânico

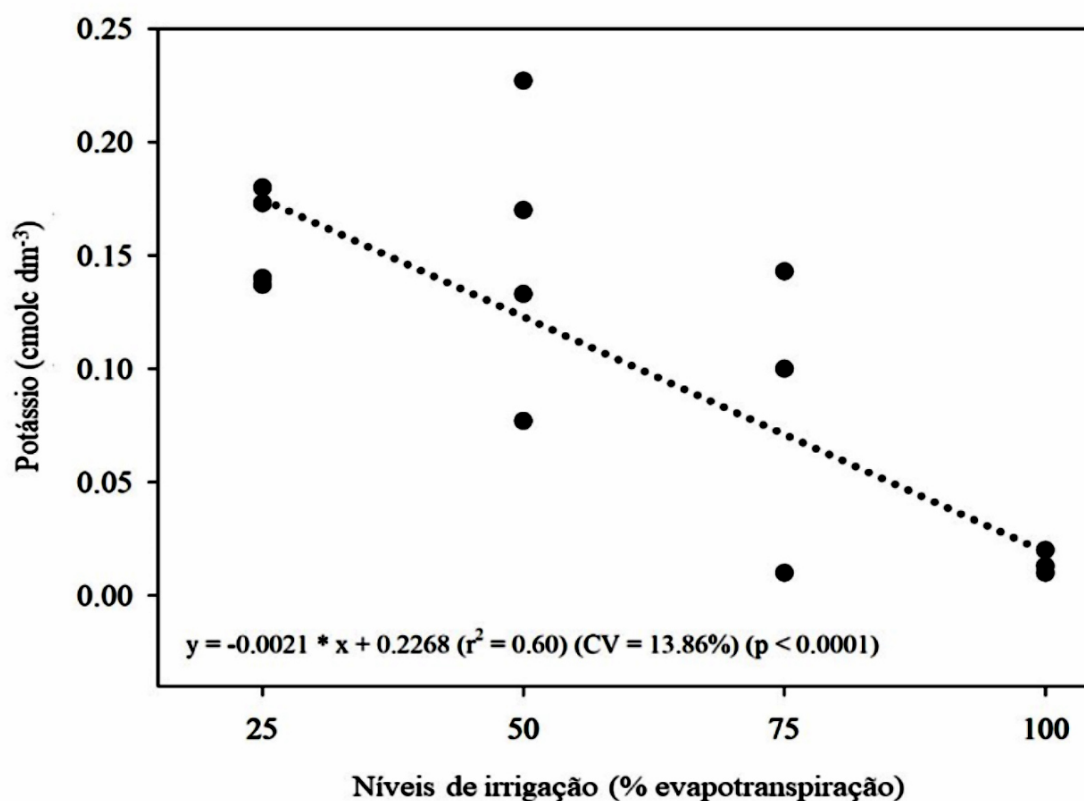
Itens	Irrigação				EPM	Fertilizante orgânico				EPM	Valor-P		
	(% evapotranspiração)					(Mg ha <sup>-1</sup> )					I	FO	I*FO
	25	50	75	100		0	15	30	45				
0-0.20 m													
CE	1.99	2.10	2.29	1.87	0.24	2.48	1.96	1.79	2.02	0.24	0.66	0.24	0.52
pH	7.10	7.01	6.85	7.07	0.10	6.89	7.10	7.00	7.04	0.17	0.36	0.57	0.83
$K^+$	0.06	0.11	0.13	0.08	0.02	0.09	0.08	0.10	0.11	0.02	0.31	0.86	0.65
$Na^+$	0.14	0.15	0.18	0.13	0.03	0.15	0.16	0.13	0.17	0.03	0.60	0.73	0.61
$Ca^{2+}$	5.31	5.80	4.90	5.44	0.51	5.75	5.88	4.96	4.85	1.02	0.66	0.38	0.96
$Mg^{2+}$	1.68	1.95	1.78	1.85	0.22	2.19	1.90	1.58	1.60	0.44	0.84	0.18	0.48
H + Al	0.19	0.27	0.39	0.31	0.08	0.41	0.13	0.38	0.24	0.08	0.46	0.11	0.09
SB	7.21	8.04	7.00	7.52	0.72	8.20	8.04	6.78	6.75	1.44	0.75	0.33	0.88
CTC	7.41	8.31	7.39	7.84	0.69	8.63	8.17	7.17	6.98	0.69	0.76	0.29	0.87
V	97.33	96.25	94.25	95.53	1.21	94.55	98.39	94.37	96.04	2.42	0.34	0.09	0.17
0.20-0.40 m													
CE	2.38	2.60	2.83	3.00	0.25	2.81	2.56	2.64	2.79	0.50	0.34	0.87	0.31
pH	5.85	5.97	5.60	5.95	0.18	6.01	5.51	5.85	6.00	0.36	0.44	0.20	0.06
$K^+$	0.15	0.15	0.06	0.01	0.03	0.09	0.10	0.08	0.10	0.07	0.03	0.96	0.86
$Na^+$	0.16	0.19	0.11	0.02	0.04	0.12	0.15	0.10	0.10	0.08	0.06	0.80	0.80
$Ca^{2+}$	3.65	3.75	3.75	4.21	0.34	3.95	3.48	3.78	4.15	0.69	0.66	0.57	0.08
$Mg^{2+}$	1.70	2.05	1.90	2.00	0.13	1.85	2.05	1.70	2.07	0.26	0.27	0.15	0.43
Al	0.03	0.01	0.08	0.02	0.01	0.02	0.06	0.05	0.02	0.01	0.53	0.13	0.07
H + Al	1.20	1.26	1.57	1.20	0.24	0.78	1.70	1.55	1.20	0.24	0.65	0.05	0.79
SB	5.67	6.11	5.80	6.23	0.41	6.00	5.76	5.64	6.41	0.82	0.75	0.57	0.09
CTC	6.89	7.39	7.42	7.46	0.37	6.80	7.50	7.23	7.64	0.37	0.66	0.41	0.11
V	83.06	83.94	77.68	82.13	0.74	88.05	77.17	78.32	83.26	3.31	0.55	0.10	0.54

CE = condutividade elétrica (dS m<sup>-1</sup>); pH = potencial hidrogeniônico; K = potássio (cmolc dm<sup>-3</sup>); Na = sódio (cmolc dm<sup>-3</sup>); Ca = cálcio (cmolc dm<sup>-3</sup>); Mg = magnésio (cmolc dm<sup>-3</sup>); Al = alumínio (cmolc dm<sup>-3</sup>); H + Al = acidez trocável (cmolc dm<sup>-3</sup>); SB = soma de bases (cmolc dm<sup>-3</sup>); CTC = capacidade de troca catiônica (cmolc dm<sup>-3</sup>); V = saturação de bases (%); I = Efeito da irrigação com água salobra; FO = fertilizante orgânico; I \* FO = Efeito da interação entre irrigação com água salobra e fertilizante orgânico; EPM = erro padrão da média. Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os níveis de água salobra reduziram o teor de  $K^+$  na camada de 0,20-0,40 m ( $P = 0,03$ ; Tabela 3), mostrando uma redução de 0,0021 cmolc dm<sup>-3</sup>  $K^+$  para cada 1% de água salobra aplicada (Figura 3). Esse efeito pode estar relacionado a uma redução na

combinação do  $K^+$  com o ânion cloreto, pois essa ligação promove um composto de carga neutra<sup>(31)</sup> que, possivelmente, promoveu a lixiviação de potássio para as camadas inferiores. Segundo Hasanuzzaman et al.<sup>(32)</sup> o potássio participa de reações metabólicas que proporcionam melhor tolerância da planta a condições adversas, como estresse hídrico e salino.

O uso de fertilizante orgânico reduz a condutividade elétrica, a taxa de adsorção de sódio (RAS) e o pH do solo, e aumenta o teor de nitrogênio, fósforo disponível e potássio, que neutralizam os efeitos da irrigação com água salobra<sup>(33)</sup> contribuindo para os achados deste estudo, de forma que o uso de água salobra reduziu o teor de potássio, enquanto o uso de fertilizante orgânico não alterou o  $K^+$  no solo. Outro fator importante é que a fertilização orgânica resulta em melhor atividade metabólica microbiana e ciclagem de nutrientes na rizosfera<sup>(34)</sup>. Além de ser uma fonte rica em carbono, proporciona melhorias na qualidade do solo sob irrigação com água salobra<sup>(35)</sup>.



**Figura 3.** Efeito do nível de irrigação com água salobra sobre o teor de potássio na camada de 0-0,40 m (\*Significativo a  $p \leq 0,05$ ;  $r^2$  - Coeficiente de correlação)

O alumínio não foi encontrado na camada de 0-20 cm, porém, na camada de 20-40 cm, este elemento foi registrado com teores variando de 0,01 a 0,08  $\text{cmolc dm}^{-3}$  para água salobra e de 0,02 a 0,06  $\text{cmolc dm}^{-3}$  para os níveis de fertilizante orgânico ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). O uso de fertilizantes orgânicos aumenta os estoques de carbono orgânico no solo, favorecendo o enraizamento, reduzindo os efeitos tóxicos do alumínio e com ação benéfica na atividade biológica do solo<sup>(36, 37)</sup>.

Os resultados de pH e CE indicam que não houve acúmulo de sais no solo. Isso possivelmente porque o aumento do pH e da CE são indicativos de reações químicas de retenção de sal e precipitação na camada superior por meio do processo de evaporação<sup>(38, 39)</sup>. Em regiões áridas e semiáridas, com sistema de drenagem natural, é necessário aplicar mais água do que o necessário para a cultura, a fim de retirar o excesso de sais da água de irrigação. Possivelmente, as condições pluviométricas (140 mm) do presente estudo foram essenciais para a lixiviação parcial dos sais do solo, não alterando a CE.

Os níveis de água salina e fertilizante orgânico não alteraram a densidade e a porosidade do solo na profundidade de 0-0,20 m ( $P > 0,05$ ; Tabela 4). Os níveis de água utilizados não causaram efeitos negativos no solo, visto que o processo de acúmulo de sais promove o rompimento do solo, levando ao aumento da densidade<sup>(40)</sup>. A presença de sais, como o  $\text{Na}^+$ , degradam a estrutura física do solo, reduzindo sua porosidade<sup>(41)</sup>. Rezaei et al.<sup>(42)</sup> afirmam que a densidade do solo aumenta com o aumento da proporção de areia, porém, esse efeito não foi observado neste estudo, uma vez que a água salobra não influenciou a densidade do solo.

**Tabela 4.** Valores médios das propriedades físicas do solo cultivado com milho em função dos diferentes níveis de irrigação com água salobra e fertilizante orgânico

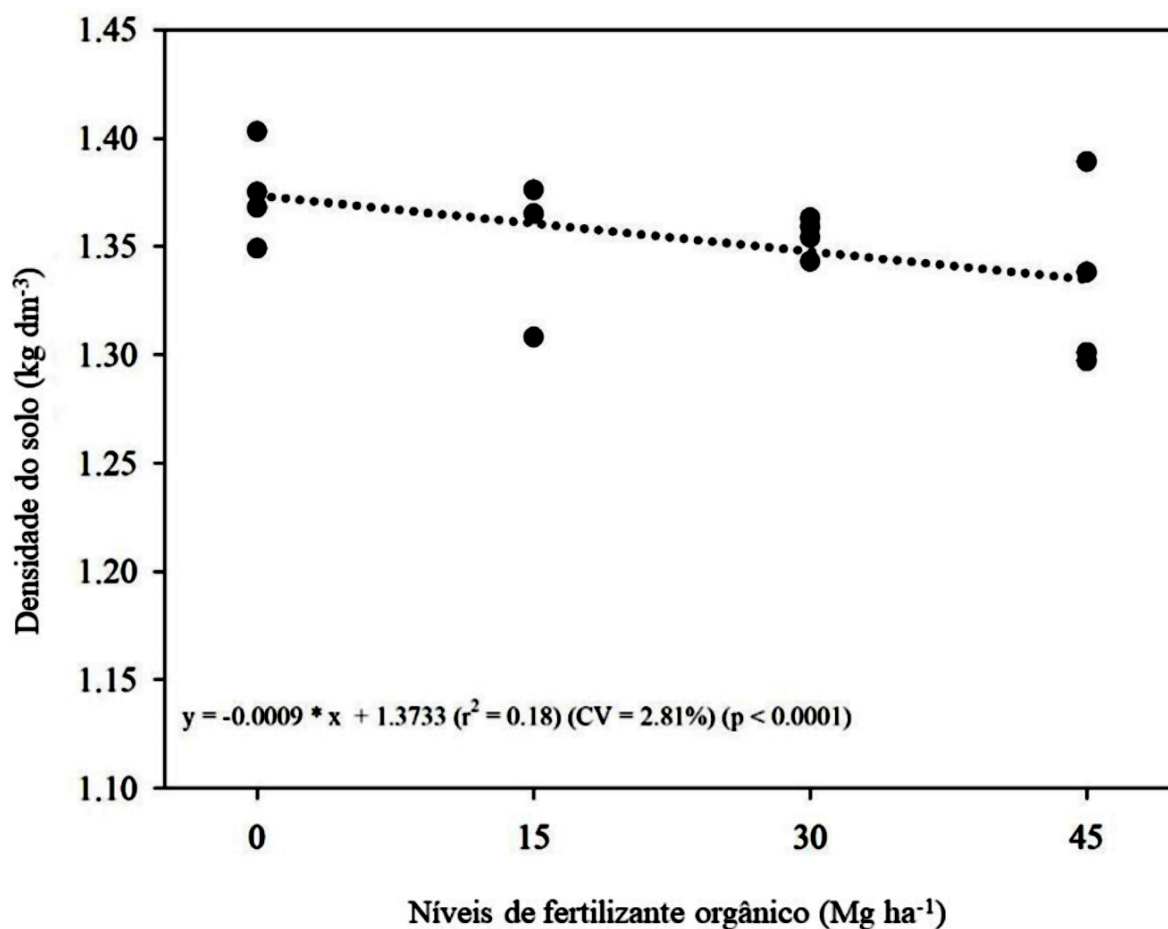
Itens	Irrigação				EPM	Fertilizante orgânico				EPM	Valor-P		
	(% evapotranspiração)					(Mg ha <sup>-1</sup> )					I	FO	I*FO
	25	50	75	100		0	15	30	45				
0-0.20 m													
D	1.34	1.32	1.33	1.33	0.02	1.34	1.33	1.32	1.32	0.02	0.82	0.91	0.13
P	47.52	48.04	48.14	48.39	0.83	47.84	47.81	48.53	47.92	0.83	0.90	0.92	0.30
DP	2.56	2.54	2.56	2.58	0.02	2.57	2.55	2.57	2.55	0.01	0.45	0.68	0.39
0.20-0.40 m													
D	1.35	1.36	1.36	1.33	0.01	1.37	1.35	1.35	1.33	0.03	0.39	0.04	0.54
P	2.47	2.63	2.51	2.55	0.07	2.57	2.51	2.55	2.53	0.08	0.46	0.94	0.46
DP	43.90	47.98	45.13	47.44	2.04	46.35	45.34	46.81	45.95	2.09	0.45	0.96	0.41

D = densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>); P = Porosidade (%); DP = densidade de partícula (kg dm<sup>-3</sup>); I = Efeito da irrigação com água salobra; FO = fertilizante orgânico; I \* FO = Efeito da interação entre irrigação com água salobra e fertilizante orgânico; EPM = erro padrão da média. Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Efeito isolado dos níveis de fertilização orgânica foi observado para a densidade do solo ( $P = 0,04$ ; Tabela 4) na camada 0,20-0,40 m, que reduziu significativamente com o aumento dos níveis de fertilizante orgânico. A Figura 4 ilustra a redução da densidade do solo em 1,3733 kg dm<sup>-3</sup> para cada 1% de fertilizante orgânico aplicado ao solo. A estrutura física do solo pode ser alterada por fertilizante orgânico, promovendo uma

mudança na angulação do atrito interno, que pode influenciar direta (diminuição do atrito entre as partículas minerais) ou indiretamente (modificação da estrutura e densidade do solo)<sup>(43, 44)</sup>. Braida et al.<sup>(44)</sup> ao discutirem os fertilizantes orgânicos e seus efeitos na física do solo, afirmam que este é um efeito benéfico por promover melhor estrutura do solo, levando a melhor infiltração, capacidade de retenção de água, aumento da coesão entre as partículas do solo e aeração do solo.

Esperava-se que houvesse efeito significativo da fertilização orgânica na camada de 0-0,20 m, por ser mais superficial, porém, segundo Carmo et al.<sup>(45)</sup>, o uso de fertilizantes orgânicos resulta em maior atividade edáfica organismos, que atuam na decomposição da matéria orgânica e incorporação de nutrientes nas camadas mais profundas do solo. Organismos entre 0,2 e 2 mm de comprimento (mesofauna) atuam nos primeiros 5 cm do solo, favorecendo a decomposição, a ciclagem de nutrientes e a agregação do solo<sup>(46, 47)</sup>. Em camadas mais profundas, organismos com diâmetro corporal maior que 2 mm (macrofauna - minhocas, cupins e formigas) atuam na estruturação física, química e microbiológica dos solos<sup>(48)</sup>, e devido à aeração por meio da formação de galerias e incorporação de matéria orgânica em camadas mais profundas, possivelmente promoveu uma redução na densidade do solo no presente estudo.



**Figura 4.** Efeito do fertilizante orgânico na densidade do solo na camada de 0,20-0,40 m (\*Significativo em  $p \leq 0,05$ ;  $r^2$  - Coeficiente de correlação)

Possivelmente, a ação das raízes do milho pode ter contribuído para reduzir a densidade na camada mais profunda (0-20 - 0,40 m), melhorando a qualidade física do solo. Além disso, as raízes promovem a aproximação e coesão das partículas do solo por exercerem pressões biofísicas (axial e radial), e também por secar a região adjacente às raízes, resultando em um solo com maior floculação. Nessas condições, a proporção de macroagregados será maior do que de microagregados, conseqüentemente aumentando a macroporosidade e reduzindo a compactação<sup>(49)</sup>.

## Conclusão

Os níveis de água salobra e de fertilizante orgânico no cultivo do milho não alteram as propriedades físicas e químicas do solo na camada de 0-0,20 m. Porém, a irrigação com água salobra reduz a concentração de potássio no solo e a aplicação de fertilização orgânica resulta em uma pequena redução na densidade do solo na camada de 0,20-0,40 m.

## Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado Corporativo (PDI; Processo 316646/2020-2), e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Semiárido).

## Referências

1. Magalhães ALR, Sousa DR, Nascimento Júnior JRS, Gois GC, Campos FS, Santos KC, Nascimento DB, Oliveira LP. Intake, digestibility and rumen parameters in sheep fed with common bean residue and cactus pear. *Biol. Rhyt. Res.* 2019; 52(1):1-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1592351>.
2. Silva FJBC, Azevedo JRG. Temporal trend of drought and aridity indices in semi-arid pernambucano to determine susceptibility to desertification. *Braz. J. Water Res.* 2020; 25(e32):1-18. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190145>.
3. Cavalcante ES, Lacerda CF, Costa RNT, Gheyi HR, Pinho LL, Bezerra FMS, Oliveira AC, Canjá JF. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. *Sci. Agric.* 2021; 78(e20200151):1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0151>.
4. Silva AJ, Aguiar Netto AO, Lucas AAT, Araújo RR, Sousa AF. Reduction of salinity and sodicity of saline-sodic soils under filed condition in Brazilian semi-arid region. *Scient. Plena.* 2020; 16(9):1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.090203>.
5. Haj-Amor Z, Hashemi H, Bouri S. The consequences of saline irrigation treatments on soil physicochemical characteristics. *Euro-Med. J. Env. Int.* 2018; 3(22):1-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41207-018-0064-y>.



6. Tedeschi A. Irrigated agriculture on saline soils: A perspective. *Agron.* 2020; 10(11):1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111630>.
7. Acosta-Motos JR, Ortuño MF, Bernal-Vicente A, Diaz-Vivancos P, Sanchez-Blanco MJ, Hernandez JA. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agron.* 2017; 7(1):1-38, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>.
8. Arora S, Singh AK, Singh YP. Bioremediation of salt affected soils: An Indian perspective, 1st ed. Switzerland: Springer Nature; 2017. 313p.
9. Adeleke R, Nwangburuka C, Oboirien B. Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. *South Afr. J. Bot.* 2017; 108(1):393-406. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.002>.
10. Souza MCMR, Menezes A, Costa RS, Amorim AV, Lacerda CF. Tolerância à salinidade e qualidade de mudas de noni sob diferentes ambientes e matéria orgânica. *Rev. Bras. Agric. Irrig.* 2017a; 11(7):2052-2062. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n700682>.
11. Leal YH, Dias TJ, Bezerra AC, Leal MPS, Lopes AS, Moura JG, Ribeiro JES, Souza AG. Application times and doses of bovine and sheep biofertilizers in the morphophysiological characteristics of green pepper plants. *Scientia Plena*, VOL. 16, NUM. 9, 1-10. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.090202>.
12. Zhang Z, Zhang Z, Lu P, Feng G, Qi W. Soil water-salt dynamics and maize growth as affected by cutting length of topsoil incorporation straw under brackish water irrigation. *Agron.* 2020; 10(2):1-17. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020246>.
13. Silva AJ, Aguiar Netto AO, Lucas AAT, Araújo RR, Sousa AF. Reduction of salinity and sodicity of saline-sodic soils under filed condition in Brazilian semi-arid region. *Sci. Plena.* 2020; 16(9):1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.090203>
14. Souza LP, Lima GS, Gheyi HR, Nobre RG, Soares LAA. Emergence, growth, and production of colored cotton subjected to salt stress and organic fertilization. *Rev. Caat.* 2018; 31(3): 719–729. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n322rc>.
15. Souza LP, Nobre RG, Barbosa JL, Lima GS, Almeida LLS, Pinheiro FW. Cultivo do algodoeiro cv. BRS Topázio em solos salino-sódico com adição de matéria orgânica. *Rev. Espacios.* 2017b; 38(14):1-12. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n14/a17v38n14p18.pdf>.
16. Lira JB, Andrade AP, Magalhães ALR, Campos FS, Araújo GGL, Deon DS, Gois GC, Regitano Neto A, Cunha DS, Tabosa JN, Silva TGF, Nagahama HJ. Production of Pearl millet irrigated with different levels of saline water and organic matter. *Commun. Soil Sci. Plant An.* 2020; 51(5):701-709. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1729794>.
17. Moura MMA, Pires DAA, Jayme DG, Costa RF, Rigueira JPS, Rodrigues JAS. Agronomic performance and nutritive value of millet silages. *Acta Scient. An. Sci.* 2018; 40(e34430):1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.34430>.
18. Iwuala EN, Odjegba VJ, Sharma V, Alam A. Highlights of strategies adapted by two *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. races in a simulated drought stress experiment. *Plant Gen.* 2020; 23(1):1-34. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2020.100238>.
19. Cosgrove WJ, Loucks DP. Water management: current and future challenges and research directions. *Water Resour. Res.* 2015; 51(6):4823–4839. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>.
20. Makarana G, Kumar A, Yadav RK, Kumar R, Soni PG, Lata C, Sheoran P. Effect of saline water irrigations on physiological, biochemical and yield attributes of dual purpose pearl millet (*Pennisetum glaucum*) varieties. *Indian J. Agric. Sci.* 2019; 89(4):624-633. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330041855\\_Effect\\_of\\_saline\\_water\\_irrigations\\_on\\_physiological\\_biochemical\\_and\\_yield\\_attributes\\_of\\_dual\\_purpose\\_pearl\\_millet\\_Pennisetum\\_glaucum\\_L\\_varieties](https://www.researchgate.net/publication/330041855_Effect_of_saline_water_irrigations_on_physiological_biochemical_and_yield_attributes_of_dual_purpose_pearl_millet_Pennisetum_glaucum_L_varieties).

21. Köppen W, Geiger RG. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wall-map 150 cm × 200 cm. 1928.
22. Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. *Sistema brasileiro de classificação de solos*, 5th ed. Brasília: Embrapa; 2018. 356p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>.
23. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Roma, 56, Food and Agriculture Organization, Drainage and Irrigation Paper; 1998. 300p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>.
24. Lima JGA. *Necessidades hídricas do Sorgo de pura aptidão sob condições irrigadas na chapada do Apodi*. [dissertação]. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido; 2013. 74 p.
25. Richards LA. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, 1st ed. Washington D.C.: Agriculture Handbook; 1954. 166p.
26. Montovani EC, Bernardo S, Palaretti LF. *Irrigação - princípios e métodos*, 1st ed. Viçosa: Editora UFV; 2006. 318p.
27. Aoac. *Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis*, 20th ed. Washington, D.C.: Latimer Jr., G.W.; 2016. 3172p.
28. Holanda Filho RSF, Santos DB, Azevedo CAV, Coelho EF, Lima VLA. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.* 2011; 15(1):60-66. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000100009>.
29. Coldebella N, Lorenzetti E, Tartaro J, Treib EL, Pinto RE, Fontana A, Alves AB. Desempenho do milho à elevação da participação do cálcio na CTC. *Scient. Agr. Paranaensis*. 2018; 17(4):443-450. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/20230>.
30. Claessen MEC. *Manual de métodos de análise de solo*, 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ; 1997. 212p.
31. Tränkner M, Tavakol E, Jáklí B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Phy. Plant*. 2018; 163(3):414-431. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ppl.12747>.
32. Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Nahar K, Hossain MS, Al Mahmud J, Hossen MS, Masud AAC, Moumita, Fujita M. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agron*. 2018; 8(3):1-29. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>.
33. Munir A, Nawaz S, Bajwa MA. Farm manure improved soil fertility in mungbean-wheat cropping system and rectified the deleterious effects of brackish water. *Pak. J. Agric. Sci.* 2012; 49(4):511-519.
34. Li J, Awasthi MK, Xing W, Liu R, Bao H, Wang X, Wu F. Arbuscular mycorrhizal fungi increase the bioavailability and wheat (*Triticum aestivum* L.) uptake of selenium in soil. *Ind. Crops Prod.* 2020; 150(e112383):1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112383>.
35. Yan S, Gao Y, Tian M, Tian Y, Li J. Comprehensive evaluation of effects of various carbon-rich amendments on tomato production under continuous saline water irrigation: Overall soil quality, plant nutrient uptake, crop yields and fruit quality. *Agric. Water Man.* 2021; 255(e106995): 1-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106995>.
36. Husniev I, Romanenkov V, Minakova O, Krasilnikov P. Modelling and prediction of organic carbon dynamics in arable soils based on a 62-year field experiment in the Voronezh region, European Russia. *Agron*. 2020; 10(10):1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10101607>.
37. Mayer M, Prescott CE, Abaker WEA, Augusto L, Cécillon L, Ferreira GWD, James J, Jandl R, Katzensteiner K, Laclau JP, Laganière J, Nouvellon Y, Paré D, Stanturf JA, Vanguelova EI, Vesterdal L. *Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis*. Forest

Ecol. Manag. 2020; 466(e118127):1-25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118127>.

38. Xia LI, He KL, Wang ZY, Bai SX. Quantitative trait loci for Asian Corn Borer resistance in maize population Mc37× Zi330. Agric. Sci. China. 2010; 9(1):77-84. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60070-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60070-5).

39. Chachar AN, Mirjat MU, Soothar RK, Shaikh IA, Mirjat MH, Dahri SA. Effects of irrigation frequencies on soil salinity and crop water productivity of fodder maize. Acta Ecol. Sinica. 2020; 40(4):277-282. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.05.013>.

40. Sahab S, Suhani I, Srivastava V, Chauhan PS, Singh RP, Prasad V. Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: current status and management strategies. Sci. Total Env. 2021; 764(e144164):1-69. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144164>.

41. Otlewska A, Migliore M, Dybka-Stepien K, Manfredini A, Struszczyk-Swita K, Napoli R, Białkowska A, Canfora L, Pinzari F. When salt meddles between plant, soil, and microorganisms. Front. Plant Sci. 2020; 11(e553087):1-23. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.553087>.

42. Rezaei M, Seuntjens P, Shahidi R, Joris I, Boëne W, Al-Barri B, Cornelis W. The relevance of in-situ and laboratory characterization of sandy soil hydraulic properties for soil water simulations. J. Hydro. 2016; 534(1):251-265. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.12.062>.

43. Dias AS, Nobre RG, Lima GD, Gheyi HR, Pinheiro FWA. Crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida cultivado em solo salino-sódico e adubação orgânica. Irriga. 2016; 1(1):260-273. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p260-273>.

44. Braidá JA, Bayer C, Albuquerque JA, Reichert JM. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: Klauberg Filho O, Mafra AI, Gatiboni LC, editores. Tópicos em ciência do solo, 7th ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2011. p.221-278. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283498634\\_Materia\\_orgânica\\_e\\_seu\\_efeito\\_na\\_física\\_do\\_solo](https://www.researchgate.net/publication/283498634_Materia_orgânica_e_seu_efeito_na_física_do_solo).

45. Carmo DL, Lima LB, Silva CA. Soil fertility and electrical conductivity affected by organic waste rates and nutrient inputs. Rev. Bras. Ci. Solo. 2016; 40(e0150152): 1-17. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150152>.

46. Zagatto MRG, Zanão Júnior LA, Pereira APA, Estrada-Bonilla G, Cardoso EJBN. Soil mesofauna in consolidated land use systems: how management affects soil and litter. Sci. Agric. 2019; 76(2): 165-171. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0139>.

47. Haanes H, Gjelsvik R. Reduced soil fauna decomposition in a high background radiation area. PLoS One. 16(3): e0247793. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247793>.

48. Bottinelli N, Jouquet P, Capowiez Y, Podwojewski P, Grimaldi M, Peng X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? Soil Til. Res. 2015; 146(3):118-124. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.01.007>.

49. Calonego JC, Raphael JPA, Rigon JPG, Oliveira Neto L, Rosolem CA. Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. Eur. J. Agron. 2017; 85(1):31-37. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.02.001>.