



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

RUTILENE RODRIGUES DA CUNHA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM CULTIVO DE
PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS**

MOSSORÓ/RN

2018

RUTILENE RODRIGUES DA CUNHA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM CULTIVO DE
PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos ambientais pelo uso do solo e da água.

Orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros, Prof. Dr.

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista, Prof. Dr.

MOSSORÓ/RN

Janeiro 2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Catalogação de Publicação na Fonte. UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL
ORLANDO

TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Setor de Informação e Referência

C972a Cunha, Rutilene Rodrigues da.
AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM
CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS
SALINAS / Rutilene Rodrigues da Cunha. - 2018.
104 f. : il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.
Coorientador: Rafael Oliveira Batista.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2018.

1. Semiárido brasileiro. 2. Solos Agrícolas. 3.
Manejo do solo. 4. Vulnerabilidade a salinização.
5. Compostos Orgânicos. I. Medeiros, José
Francismar de, orient. II. Batista, Rafael
Oliveira, co-orient. III. Título.

RUTILENE RODRIGUES DA CUNHA

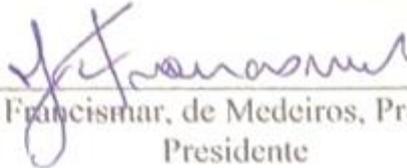
**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM CULTIVO DE
PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

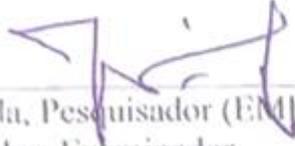
Linha de Pesquisa: Impactos ambientais pelo uso do solo e da água.

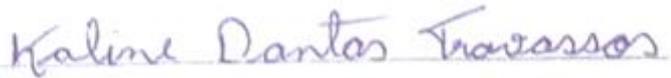
Defendida em: 19 / 01 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. Rafael Batista Oliveira (UFERSA)
Membro Examinador


Dr. José Simplicio de Holanda, Pesquisador (EMBRAPA/EMPARN)
Membro Examinador


Pós Dr. Kaline Dantas Travassos, Pesquisadora (UFERSA)
Membro Examinador

A minha avó **Maria Bezerra da Cunha** (*in memoriam*), que sempre foi mais que uma avó, uma verdadeira mãe, amiga e companheira que para sempre viverá em minhas lembranças e, principalmente, em meu coração.

A **Deus** pela dádiva da vida, pela sua infinita misericórdia, por nunca me abandonar nos momentos difíceis e sempre estar presente, me guiando, pois sem tua proteção senhor não chegaria ao fim desta jornada;

A minha mãe **Francisca Rejane da Cunha**, meu pai **Adailson Rodrigues da Cunha** e minha avó **Joana Pinheiro da Cunha** que são a razão de meu ser, meu orgulho, minha vida, confidentes e companheiros a quem eu tomo como espelho e motivo para seguir minha jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado nas horas mais difíceis, sempre me apoiando e mostrando que a fé move montanhas, por me ajudar a entender que as coisas da vida e principalmente por me guiar nesta jornada;

Aos meus pais, Adailson Rodrigues da Cunha e Francisca Rejane da Cunha por me darem a vida, confiança, incentivo, compreensão, apoio e, principalmente, amor. Estes que me mostram que podemos encontrar a felicidade nas coisas mais simples do mundo, seja num olhar ou no desfrute da presença de cada um deles;

Aos meus irmãos, Regivânia Rodrigues da Cunha e Alyson Rodrigues da Cunha, por estarem sempre ao meu lado me dando apoio nos momentos que mais precisei, por aturarem minhas chatices e por me amarem incondicionalmente;

Ao meu orientador, José Francismar de Medeiros, pela paciência, motivação, disponibilidade, dedicação e competência, e, principalmente, agradeço por seu auxílio na elaboração deste trabalho;

Ao meu coorientador, Rafael Oliveira Batista, pela disponibilidade, confiança, competência e assistência prestada. Pelo exemplo de profissional, admirado por todos, agradeço a assistência prestada no decorrer de todo o curso e elaboração deste trabalho;

A Kaline Dantas Travessos, pela disponibilidade, competência e dedicação, para com a elaboração deste trabalho;

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a todos os docentes que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA), pelos conhecimentos transmitidos ao longo desta jornada. Bem como, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo auxílio financeiro;

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, pelo companheirismo e parceria ao longo desta jornada;

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte Empreendimento, pelo fornecimento do local de implantação do experimento e auxílio financeiro;

A toda a equipe que compõe o Laboratório de Análises de Água, Solo e Planta em nome da Prof.^a Jeane Portela, Ana Kaline, Elídio Andrade e Antônio Carlos por toda ajuda prestada;

A Lunara Gleika da Silva Rego, por estar sempre presente nas horas que mais precisei, por ser uma amiga fiel e companheira, aquela com quem sempre posso contar;

Aos meus amigos Jacques Filho e Álisson Gomes, pelo companheirismo, conselhos e todos os momentos bons que compartilhamos;

A Maria Elidayane da Cunha, pela paciência e disponibilidade para com este momento tão difícil da minha vida e, principalmente por estar ao meu lado no decorrer desta e tantas outras jornadas;

A Ana Elidarly da Cunha, pelo apoio, paciência, companheirismo e por estar sempre ao meu lado me motivando e incentivando;

Ao Prof. Suedêmio de Lima Silva, pelo apoio, motivação, disponibilidade e parcial colaboração na elaboração deste trabalho;

A Jonatan Levi Ferreira de Medeiros e Luiz Eduardo Vieira de Arruda, pela disponibilidade e parcial colaboração na elaboração deste trabalho;

A todos os colegas que estiveram comigo ao longo desta jornada me motivando, quando muitas vezes quis desistir, pelas palavras, conselhos, carinho, dedicação, companheirismo e amizade;

A todos que de alguma forma contribuíram para esta conquista, o meu muito obrigada!

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei. Não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito”.

(Chico Xavier)

RESUMO

A utilização de águas não convencionais, oriundas, em sua maioria, de poços que nem sempre apresentam faixas de concentrações de sais ótimas para serem utilizadas de forma direta na irrigação, surge como uma alternativa para as regiões semiáridas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o acúmulo de sais e alterações das características químicas do solo irrigado, com cinco concentrações salinas, como complementação hídrica no cultivo da palma forrageira Sertânia, utilizando a cobertura de solo (casca de arroz) na redução do processo de salinização. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Apodi, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), no município de Apodi/RN, no período de setembro de 2016 a novembro de 2017. O delineamento experimental deu-se em blocos completos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, tendo os níveis de salinidade da água (0,1; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m⁻¹) dispostos nas parcelas, a aplicação de condicionadores orgânicos (Palha de arroz e sem cobertura) nas subparcelas e, profundidades (0,0-0,20 e 0,20-0,40 m) nas subsubparcelas com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os atributos químicos analisados foram: pH em água; extração de fósforo disponível, potássio; cálcio, magnésio e matéria orgânica e; da salinidade do solo: condutividade elétrica no sobrenadante 1:2,5 solo-água (CE), sódio e a sodicidade do solo através da porcentagem de sódio trocável (PST), análises estas realizadas em cada parcela experimental sempre após a irrigação. Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão, verificando os efeitos da salinidade, da aplicação da cobertura do solo e sua interação. Os resultados indicaram que as concentrações salinas propiciaram aumento nas variáveis Na⁺, CE e PST. A ação da cobertura do solo promoveu a redução destas, atuando em maior intensidade na camada subsuperficial, exceto para a PST, favorecendo maiores incrementos de fósforo e nitrogênio ao solo. Condutividade elétrica da água de irrigação de até 5 dS m⁻¹ não salinizou o solo.

Palavras-chave: Cobertura do solo. Manejo do solo. Vulnerabilidade a salinização. Materiais orgânicos. Casca de arroz. Sodicidade

ABSTRACT

The use of unconventional waters, mostly derived from wells that do not always show ranges of optimal salt concentrations to be used directly in irrigation, although it is an alternative to be used in semi-arid regions. This study aimed to evaluate the accumulation of salts and changes in the chemical characteristics of the irrigated soil, with five salt concentrations, such as water supplementation in the Sertânia forage palm crop, using soil cover (rice husk) to reduce the salinization. The experiment was carried out at the Apodi Experimental Station, which belongs to the Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) in Apodi / RN, from September 2016 to November 2017. The experimental design was performed in randomized complete blocks in the subdivided plots scheme, with the water salinity levels (0.1, 2.5, 5.0, 7.5 and 10 dS m⁻¹) disposed in the plots, the application of organic conditioners (rice straw and uncovered soil) in the subplots and depths (0,0-0,20 and 0,20-0,40 m) in the subplots with four replications, totaling 40 experimental units. The chemical attributes analyzed were: pH in water; extraction of available phosphorus, potassium; calcium, magnesium and organic matter; and about the soil salinity were analyzed: electric conductivity in the supernatant 1: 2.5 soil-water (EC), sodium and soil sodicity by the percentage of exchangeable sodium (PST), analyzes performed in each experimental plot always after irrigation. The data were submitted to analysis of variance and regression, verifying the effects of salinity, soil cover application and their interaction. The results indicated that saline concentrations increased Na⁺, CE and PST parameters. The action of the soil cover promoted the reduction of these, acting in greater intensity in the subsurface layer, except for the PST, favoring greater increments of phosphorus and nitrogen to the soil. Concentrations of up to 5 dS m⁻¹, did not salinize the soil.

Keywords: Brazilian semi-arid. Agricultural Soils. Soil management. Vulnerability to salinization. Organic compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Mapa do Rio Grande do Norte, destacando o município de Apodi/RN36
Figura 2	–	Caracterização da área em estudo, localizado na EMPARN em Apodi/RN.....	37
Figura 3		Variabilidade das precipitações pluviométricas registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em Apodí/RN.....	38
Figura 4	–	Temperatura máxima, mínima e média absolutas registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em Apodí/RN.....	38
Figura 5	–	Radiação global e velocidade do vento registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.....	39
Figura 6	–	Umidade relativa máxima, mínima e média registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.....	40
Figura 7	–	Variabilidade da Evapotranspiração de Referência (ET _o), registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.	41
Figura 8	–	Caracterização do sistema de bombeamento utilizado para o cultivo da Palma forrageira.....	44
Figura 9	–	Comportamento da irrigação utilizada durante o experimento, realizado em Apodi/RN (mm).....	45
Figura 10	–	Croqui da disposição dos blocos na área experimental e a distribuição dos tratamentos: Lâmina com distintos níveis de salinidade <i>versus</i> composto orgânico, para a cultivar Palma forrageira IPA.....	47
Figura 11	–	Esquema da vista superior e lateral da disposição dos blocos na área experimental da cultivar Palma forrageira IPA.....	48
Figura 12	–	Magnésio, saturação por bases e o nitrogênio do solo em função da salinidade da água de irrigação (CE).....	60
Figura 13	–	Potencial hidrogeniônico (pH) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CE) em solo com e sem cobertura da palha de arroz para as três épocas de coleta.....	62
Figura 14	–	Sódio em função os níveis de salinidade da água de irrigação (CE) em solo com e sem cobertura de solo, palha de arroz, nas três épocas da coleta do solo em estudo.....	69

- Figura 15 – Condutividade elétrica em função da salinidade da água de irrigação (CE), para as três coletas de solo, com e sem cobertura morta (palha de arroz), para as três épocas de coleta realizadas..... 70
- Figura 16 – Percentual de sódio trocável em função da salinidade da água de irrigação (CE), em um solo com e sem cobertura de palha de arroz nas três épocas de coleta de solo realizadas no período experimental..... 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Diretrizes para e interpretar a qualidade de água para irrigação.....	28
Tabela 2	– Análises de laboratório necessárias para se avaliar a água de irrigação.....	30
Tabela 3	– Atributos físicos de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico, na chapada do Apodi, RN	33
Tabela 4	– Distribuição do tamanho de partículas e classificação textural da área em estudo, EMPARN no município de Apodi/RN.....	42
Tabela 5	– Valores dos atributos físicos do solo, em duas profundidades, localizado na EMPARN no município de Apodi/RN.....	48
Tabela 6	– Concentrações de sais adicionados a água de irrigação para os diferentes tratamentos.....	49
Tabela 7	– Água utilizada no processo de irrigação da palma forrageira IPA Sertânia, EMPARN.....	52
Tabela 8	– Atributos químicos do solo da área experimental localizado na EMPARN no município de Apodi/RN.....	52
Tabela 9	– Micronutrientes do solo em estudo localizado na EMPARN no município de Apodi/RN.....	54
Tabela 10	– Resumo da análise de variância dos atributos químicos nitrogênio (N), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por base (V), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e o fósforo (P) em função das concentrações salinas, sob diferentes profundidades com cobertura morta, no esquema de parcelas subdivididas para a terceira coleta.....	57
Tabela 11	– Comparativo dos valores médios das variáveis percentual de sódio trocável (PST), nitrogênio (N), saturação por base (V), capacidade de troca catiônica (CTC), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e fósforo (P) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média, para a terceira coleta.....	63
Tabela 12	– Resumo da análise de variância das variáveis de salinidade incluindo o potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na^+), percentual de sódio trocável (PST) e a matéria orgânica (MO) em função das	

	concentrações salinas, com coberturas de solo e época de coleta para a profundidade de 0,00-0,20m.....	66
Tabela 13	– Comparativo dos valores médios das variáveis potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na ⁺), percentual de sódio trocável (PST), em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média.....	67
Tabela 14	– Equação de regressão ajustadas das variáveis PST e CE.....	72
Tabela 15	– Valores médios para a primeira, segunda e terceira coleta das variáveis, fósforo (P), saturação por base (V), capacidade de troca catiônica (CTC), cálcio (Ca ⁺), sódio (Na ⁺) e potencial Hidrogeniônico (pH) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica.....	74
Tabela 16	– Valores médios para a primeira, segunda e terceira coleta das variáveis, condutividade elétrica (CE 1:2,5) e o percentual de sódio trocável em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica.....	78
Tabela 17	– Percentual do incremento ou redução dos atributos da salinidade entre a primeira e última coleta.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al ³⁺	Alumio
ANA	Agencia Nacional das Águas
Ca ²⁺	Cálcio
CaCl ₂ .2H ₂ O	Cloreto de Cálcio dihidratado
CAM	Crassulacean Acid Metabolism
CE	Condutividade Elétrica
CEa	Condutividade elétrica da água
CEes	Condutividade Elétrica do estrato de saturação do solo
Cl ⁻	Cloretos
CO	Condicionadores Orgânicos
CO ₃ ⁻	Carbonatos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
Dp	Densidade de Partícula
Ds	Densidade do solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ETo	Evapotranspiração de referência
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FDR	Reflectometria no Domínio de Frequência
Fe	Ferro
H+Al	Acidez potencial
HCO ₃ ⁻	Bicarbonatos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LASAP	Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta

m	Saturação por alumínio
Mg ²⁺	Magnésio
MgSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de Magnésio heptahidratado
Mn	Manganês
MO	Matéria Orgânica
Na ⁺	Sódio
NaCl	Cloreto de Sódio
NH ₄ ⁺ N	Amônio - Nitrogênio
NO ₃ ⁻ N	Nitrato - Nitrogênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PO ₄ ⁻ N	Fosfato-Fósforo
PST	Porcentagem de Sódio Trocável
RAS	Relação de Adsorção de Sódio
RN	Rio Grande do Norte
SBCS	Sistema Brasileiro de Classificação do Solo
SDT	Sais Dissolvidos Totais
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SO ₄ ⁻	Sulfeto
T	Capacidade de troca Catiônica
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
TFSE	Terra Fina Seca em Estufa
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
V	Saturação por Bases
Zn	Zinco
KCL	Cloreto de potássio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	Palma forrageira	22
2.2	Importância econômica da palma	23
2.3	Irrigação como alternativa para potencializar o cultivo da palma.....	25
2.4	Qualidade da água para irrigação no semiárido	27
2.5	Principais solos explorados com a cultura da palma.....	30
2.6	Efeitos dos sais no solo	34
3	MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1	Localização e caracterização da área de estudo	36
3.2	Caracterização física e química do solo.....	41
3.2.1	Caracterização física do solo.....	41
3.3	Montagem e condução do experimento	42
3.4	Tratos culturais	42
3.5	Sistema de irrigação	43
3.6	Tratamento e delineamento	45
3.7	Análises químicas e de salinidade do solo.....	49
3.8	Análise estatística	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	Atributos químicos do solo	54
4.2	Efeito da CE da água de irrigação em atributos químicos do solo.....	59
4.3	Atributos de salinidade do solo.....	63
4.4	Valores médios para os atributos de salinidade do solo.....	67
4.5	Efeito da CE da água de irrigação em atributos da salinidade do solo...	69
4.6	Valores médios das características químicas para as três coletas de solo.....	73
4.7	Valores médios das variáveis de salinidade para as três coletas de solo.	77
4.8	Comparativo entre os atributos de salinidade da primeira e última coleta.....	79
5	CONCLUSÕES	83

REFERÊNCIAS	84
ANEXO A – TABELAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO	100
APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DA CALIBRAÇÃO DO FDR E DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	101
APÊNDICE B – IMAGENS DA ÁREA EXPERIMENTAL	104

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado por regiões ocupadas pelo bioma caatinga, onde a vegetação hiperxerófila requer uma demanda hídrica menor para sua manutenção. A região apresenta irregularidade quanto ao período chuvoso, um dos principais fatores contribuintes para formação do solo, bem como o material de origem que propiciam a formação de solos pouco desenvolvidos (rasos) e mais susceptíveis ao processo erosivo, também atrelado à ausência de cobertura vegetal, que favorece o escoamento superficial e limita o desenvolvimento agrícola.

Nesse cenário de escassez, se faz necessária a utilização de águas não convencionais, especificamente as águas salina e salobra, para maximização da produção agrícola no semiárido, tendo em vista que as águas superficiais (de boa qualidade), para fins de irrigação, encontram-se cada vez mais escassas. As águas subterrâneas quando provenientes dos poços cristalinos, predominantes nessa região, tendem a ser, em sua maioria, salobras (provavelmente em virtude do material de origem – aquífero cristalino). Os poços dessa região, geralmente, possuem baixas vazões e elevadas concentrações de sais dissolvidos que, em detrimento disto, necessitam de um manejo adequado para a garantia da rentabilidade das culturas e a não degradação do solo.

A presença de sódio trocável no solo, oriundo do manejo inadequado da irrigação com utilização de águas acrescidas de sais, bem como as condições climáticas da região, exercem influência direta no crescimento e desenvolvimento das cultivares, por meio da redução do potencial osmótico que reflete na absorção de água pela planta, causando a toxidez pela ação de íons característicos como cloreto, sódio e bicarbonato. Quando em excesso, o sódio tende a acarretar dispersão de argilas, modificando a estrutura do solo e favorecendo o processo erosivo.

Estudos envolvendo o uso de culturas tolerantes a salinidade e em condições semiáridas, tem ganhado grandes proporções nos últimos anos. De acordo com pesquisas realizadas por Leal et al. (2008) e Santos et al. (2011), esta técnica, quando atrelada ao manejo adequado de áreas susceptíveis a salinidade e a utilização de água acrescida de sais, tem propiciado produções satisfatórias, sendo ainda uma prática sustentável do ponto de vista ambiental e econômico.

Esta prática quando atrelada ao uso da matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, desempenha relevante importância no fornecimento de energia e nutrientes ao solo, auxiliando na sua produtividade e mantendo cargas na superfície, que contribuem

para o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), regulando a disponibilidade de vários nutrientes, em específico os micronutrientes. A sua decomposição auxilia nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando sua estrutura. Em ambientes tropicais, a matéria orgânica detém elevada importância, pois atua como fator decisivo para com as propriedades do solo física, química e biológica (Nascimento et al., 2010; Zandonadi et al., 2014).

Quanto a sua atenuação sobre os efeitos da salinidade nas plantas, dar-se em virtude da alteração da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, favorecendo o sistema radicular e mitigando os efeitos deletérios da salinidade (Leonardo et al., 2008). Em estudos realizados por Leonardo (2003), sobre o estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum L.*) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos, verificou-se a possibilidade de redução do estresse salino por meio da aplicação de matéria orgânica no solo.

Mediante os benefícios do uso da matéria orgânica como forma de estruturação do solo e da importância da utilização de águas acrescidas de sais no semiárido potiguar no processo de irrigação para minimização do uso de águas de boa qualidade, estudos com diferentes culturas vêm sendo desenvolvidos a fim de identificar respostas significativas às adversidades climáticas e maximizar a economia local. Em pesquisa realizada por Matos et al. (2013), sobre o desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina, foi constatado que a utilização destas na cultura surge como alternativa diante da escassez de água de boa qualidade. Estudos realizados por Mcwilliams (2003), com o milho constatou-se que a cultura apresentou tolerância moderada à salinidade, proporcionando redução na sua produção. Freire et al. (2010), Gomes et al. (2011), Medeiros et al. (2012) e Silva et al. (2013) estudaram a cultura do tomate e verificaram que o mesmo apresentou tolerância à salinidade.

A palma forrageira, cactácea que apresenta características morfofisiológicas de adaptação a estas condições, surgiu como alternativa para a complementação da forragem animal, possuindo, ainda, elevada capacidade de captação diária de dióxido de carbono e baixa perda de umidade - fenômenos característicos das cultivares de metabolismo ácido como as crassuláceas (Crassulacean Acid Metabolism – CAM). O cultivo da palma no Nordeste é estimado em aproximadamente 500 mil ha, constituindo-se como uma das principais forrageiras destinadas a alimentação do gado leiteiro, principalmente, no período de estiagem, onde se faz necessária a utilização de sistemas de irrigação para a

complementação hídrica. A mesma detém índice energético e apresenta baixo consumo de água, quando comparada as demais forragens (Santos et al., 2006; Silva et al., 2010).

Diante o exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o acúmulo de sais e alterações das características químicas do solo, quando irrigado com cinco concentrações salinas, em diferentes profundidades, como complementação hídrica no cultivo da palma forrageira (IPA Sertânia) utilizando a cobertura de solo (casca de arroz) como ferramenta para minimização do processo salinização do solo.

2.1 Palma forrageira

A palma forrageira, oriunda do México, possui ampla distribuição geográfica, sendo cultivada na América do Sul e Central, África do Sul e na Europa (Leo et al., 2010). O México possui vasta utilização da cultivar, sendo 276 espécies destinadas as agroindústrias que utilizavam a palma como matéria prima. Do valor apresentado, 26% são voltados para a produção de artigos medicinais, enquanto 17% são destinados para fins alimentícios na forma de verdura, 14% para verduras em salmoura e, por fim, 12% na produção de cosméticos (Callejas-Juarez et al., 2009).

De acordo com estudos realizados por Agra (2014), o Peru, em 1992, liderou a produção do corante carmim com um total de 418 toneladas, representando cerca de 90% da produção mundial, quando comparado aos demais países. Detentor de uma área cultivada com palma nativa de 35.000 ha, alcança nível de produtividade de 80 kg ha⁻¹.

No Brasil, a cultivar adaptou-se perfeitamente as condições climáticas do semiárido, em função da baixa demanda energética e elevado rendimento e, ou potencial produtivo, principalmente, em termo forrageiro; contribuindo, assim, para o suprimento da demanda alimentícia dos animais no período de estiagem. A cultivar apresenta, ainda, elevado valor nutricional e disponibilidade de água, quando comparada a vegetação nativa (Menezes et al., 2005; Rocha, 2012).

A inserção da palma no Brasil deu-se no final do século XVIII, com a finalidade de produção de corante vermelho, por meio da cochonilha denominada *Dactylopius coccus* que, quando manejada de forma adequada, não propicia agressão a cultura. Estudos historiográficos retratam que a palma foi cultivada inicialmente na cidade do Rio de Janeiro, pelo frei José Mariano da Conceição Veloso que congregava informações referentes às técnicas de cultivo e manejo sobre a cultura, com o intuito de produção de corante vermelho (Simões et al., 2005; Santos et al., 2006).

De acordo com relatos históricos efetivados dos autores supracitados, não foi obtido sucesso na produção do corante devido a errônea implantação da cochonilha *Dactylopius Opuntiae*, que desencadeou a proliferação de algumas pragas e tornou inviável sua produção em larga escala, ato que, posteriormente, propiciou sua produção apenas para fins ornamentais.

No início do século XX, em meio a escassez hídrica, a palma surge como alternativa para a alimentação animal. Em 1982, ações governamentais autorizaram a

implantação de 200 campos de palma no Nordeste, com o intuito de mitigar o impacto oriundo da seca que aflige essa região, caracterizada por apresentar baixos índices pluviométricos (200 a 800 mm por ano) e elevada evaporação, que facilmente atinge valores superiores a 2.000 mm ao ano. Todavia, apenas na década de 90 que a palma tomou grandes proporções em virtude das secas que se alastravam na região, ato que priorizou o uso de espécies adaptadas às suas condições climáticas (Albuquerque, 2000; Simões et al., 2005; Montenegro & Ragab, 2012; SEBRAE, 2013).

Neste cenário, a utilização da palma forrageira vem crescendo em virtude de ser uma cactácea que apresenta características morfofisiológicas de adaptação às condições semiáridas, tais como alta capacidade de captação diária de CO₂ e baixa perda de água, fenômenos - característicos das cultivares de metabolismo ácido como as crassuláceas (Crassulacean acid metabolism – CAM), que ocorrem, geralmente, à noite. Seu cultivo, em larga escala, deu-se pelos criadores das bacias leiteiras do Nordeste, principalmente, nos Estados de Pernambuco - primeiro estado brasileiro a implantá-la, e Alagoas, considerados os principais produtores no Brasil. Na atualidade, estimasse que o Nordeste cultiva aproximadamente 500 mil hectares, constituindo-a como uma das principais forrageiras destinadas a alimentação do gado leiteiro, principalmente no período de estiagem (Santos et al., 2006; Silva et al., 2010a).

De acordo Lopes et al. (2007); Tosto et al. (2007) e; Santos et al. (2010), a palma detém elevada aplicabilidade que não se limita apenas ao cultivo de subsistência, mas, principalmente, ao insumo na agricultura local e alimento estratégico para os ruminantes do semiárido brasileiro; devido ao alto potencial da produção da fitomassa, ser persistente à seca, de fácil propagação e não requerer grandes volumes de água na produção.

2.2 Importância econômica da palma

Menezes et al. (2005) relataram que a palma detém inúmeras finalidades que variam conforme a região de sua implantação e, ou destinação, das quais destacam-se o consumo humano e, ou animal e, dependendo de sua variedade, a produção de corante, dando, desta forma, maiores subsídios econômicos ao produtor das regiões semiáridas, principalmente nos períodos de estiagem. De acordo Silva et al. (2014), o semiárido detém uma área de 750.000 a 850.000 km², território equivalente a 48% da área total da região Nordeste e correspondente a 10% do território brasileiro, em nível mundial, as regiões áridas e semiáridas cobrem cerca de um terço da superficial terrestre.

Em termos econômicos, a palma forrageira despenha papel crucial e, atualmente, possui vasta utilização, em diferentes países, como forragem, produção de alimentos, cercas vivas, no controle da erosão, na conservação de solos, produção de medicamentos, paisagismo e na produção de corantes, variáveis que apresentam importância significativa no recorrente a sustentabilidade da pecuária regional, em meio a múltiplos usos que se tornam viáveis do ponto de vista econômico. No Brasil, seu uso dar-se, principalmente, para a forragem, apresentando assim suma importância para os produtores da região semiárida (Inglese et al., 1995; Leite, 2006; Oliveira, 2008; Cândido et al., 2013).

Lopes et al. (2013) estudaram o rendimento e aspectos fenológicos da espécie de palma forrageira, em relação ao cultivo com dois tipos de cladódios, relatam que nos últimos anos, especial atenção foi dada a sua produção no semiárido brasileiro, mediante ao seu potencial forrageiro que se tornou uma alternativa viável tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Segundo Lima et al. (2015), a palma é estratégica no processo de redução dos custos oriundos da aquisição de insumos como milho, soja, concentrados comerciais, dentre outros, usados na complementação da dieta alimentar dos ruminantes, principalmente nos períodos de estiagem, onde a produção leiteira decai em função do mesmo.

De acordo com Silva et al. (2010b), a pecuária leiteira no semiárido brasileiro atrelada a utilização da palma, vem crescendo nos últimos anos em virtude de seu potencial como suporte forrageiro para essa atividade, em função de vários aspectos como a capacidade de adaptação, viabilidade econômica no âmbito da produção, rusticidade e longevidade.

Segundo dados do IBGE (2012), nos anos de 2011 e 2012 ocorreu redução de 14,8% na cadeia leiteira da região Nordeste, ato que refletiu drasticamente na economia do país. O Rio Grande do Norte apresentou uma redução de 18,1%, refletindo na perda de 189.586 animais, bem como na produção de leite na ordem de 45,1 milhões de litros, impactando a economia local e nacional. Ximenes (2013) relatou que entre os anos de 1958 a 2012, a ocorrência de 19 anos de seca que refletiu fortemente na economia do Rio Grande do Norte, propiciando perdas de 105,61 milhões no valor bruto da produção de leiteira que totalizaram 2,6 bilhões de reais.

No estado da Paraíba, a pecuária detém relevante importância econômica e social, apesar de apresentar baixos índices de produtividade, devido à escassez de alimentos.

Nesta contextualização, a palma forrageira vem como alternativa para atender aos rebanhos ruminantes do estado (Lima et al., 2014).

Cândido et al. (2013) faz menção aos diversos fatores a serem observados quando se cultiva a palma forrageira para fins econômicos, sendo eles o suprimento hídrico adequado, com o intuito de não restringir o potencial de produção da cultura, bem como a fertilidade dos solos, quando utilizado o manejo adequado para favorecimento do seu desenvolvimento que, também, está associado a características físico-químicas do solo, responsáveis por exercer efeito direto sobre a produtividade das forrageiras.

Os referidos autores ainda relatam as possibilidades para obtenção de sucesso na pecuária sob condições semiáridas, objetivando a minimização dos custos e maximização dos lucros, através da implantação de culturas adaptadas as adversidades edafoclimáticas, principalmente ao déficit hídrico.

2.3 Irrigação como alternativa para potencializar o cultivo da palma

Dados históricos revelam que as primeiras iniciativas de implantação da irrigação deram-se há mais de 5000 anos pelos Egípcios, as margens do rio Nilo, por meio da construção de reservatórios. Esta técnica foi difundida e utilizada no mundo todo como forma de maximização das cultivares, principalmente nas regiões que apresentam déficit hídrico; onde a utilização da irrigação é crucial para a disponibilização de água as plantas nos períodos de estiagem, como forma de maximizar a produtividade. Contudo, o manejo da irrigação deve ser realizado de forma correta, através de assistência técnica especializada ao produtor, bem como, também, de sistemas de irrigação adequados que atendam as condições do solo e a necessidade da cultura, para que se obtenha êxito (Brasil, 2006).

O uso de sistemas de irrigação que visem auxiliar a produção e o desenvolvimento de cultivares em prol da maximização da produção de forragens, está cada vez mais frequente na agricultura. Lima et al. (2015), relata que a utilização de irrigação em cultivos de palma e na produção de alimento para o consumo humano, é uma prática difundida em diversas regiões do mundo, com destaque na Itália e no México.

De acordo com (Fao, 1996), em termos mundiais, no ano de 1990, a área irrigada corresponde a cerca 17% das terras cultivadas, proporcionando 40% da produtividade agrícola. Quanto a área superficial irrigada pertencente a América Latina, é representada por aproximadamente 16 milhões de hectares que se encontram distribuídas entre o

México – como a maior área correspondente, o percentual restante está subdividido em Argentina, Brasil, Chile e Peru. Nos próximos 50 anos, estima-se que dos 150 milhões de hectares em escala mundial, 11,5% pertencem ao Brasil.

O Brasil detém os maiores reservatórios naturais de água do mundo, com aproximadamente 12% das águas doces disponíveis em todo o planeta Terra (BRASIL, 2006). De acordo com Reis Filho (2012), a utilização de sistemas de irrigação no Brasil foi pouco difundida, contudo, no começo dos anos 2000, essa tecnologia começou a tomar grandes proporções. Atualmente, 70% da água presente no planeta é destinada para fins agrícolas (Ana, 2011).

Segundo Assis Júnior & Silva (2012), o semiárido nordestino é caracterizado por apresentar déficit hídrico, evidenciando, cada vez mais, a necessidade de utilização da irrigação para suprimento das necessidades hídricas das culturas. No que tange o cultivo da palma, o uso de sistemas de irrigação vem tomando grandes proporções, contudo, esta prática foi pouco difundida, mesmo apresentando condições climáticas propícias ao cultivo que, uma vez iniciado, mostrou boa adaptação e rápida propagação nas regiões áridas e semiáridas do Brasil, em virtude de sua elevada eficiência para com o uso de água, quando comparada a outras culturas (Flores-Hernández et al., 2004; Dubeux Júnior et al., 2006; Bispo et al., 2007; Reis Filho, 2012; Pinheiro et al., 2014; Silva et al., 2015).

A produção da palma forrageira sem a utilização de suplementação hídrica (irrigação) é uma prática realizada em áreas de altitude do semiárido Nordeste e na região Litoral Agreste, Trairi e as Serras, ato que dar-se mediante à ocorrência, nessas áreas, de temperaturas mais amenas no período noturno, favorecendo assim o desenvolvimento da cultura (Lima et al., 2010).

Nas demais áreas do Sertão Central e Seridó, onde ocorre a predominância de noites quentes e com baixa umidade relativa do ar, apresentam perda no cultivo da palma, pois favorece a perda de água para a atmosfera ocasionando em murchas severas a cultura, sendo, assim, necessária a utilização da irrigação de baixa intensidade para a conquista da produção almejada, onde antes não era possível. Contudo, a principal problemática destas áreas diz respeito a qualidade da água que, em sua maioria, é proveniente de poços que, quando perfurados em região do embasamento cristalino, geralmente possuem baixas vazões e elevadas concentrações de sais dissolvidos e que, em detrimento disto, necessitam de um manejo adequado para a garantia da rentabilidade das culturas e a não degradação do solo, bem como, também, a sustentabilidade socioeconômica e ambiental

da agricultura (Silva Júnior et al., 1999; Rhoades et al., 2009; Lima et al., 2010; Lacerda et al., 2010).

2.4 Qualidade da água para irrigação no semiárido

Em meio a grande demanda hídrica exigida para o processo de irrigação, a utilização de água salina tem se tornado cada vez mais necessária, tendo em vista que o uso de águas superficiais de boa qualidade para tal finalidade encontra-se cada vez mais restrito, principalmente em regiões semiáridas, onde este recurso é mais escasso quando comparado a outras regiões do Brasil, ato que tem tornado necessária a utilização de águas oriundas de rios intermitentes e poços rasos e/ou profundos (Assis Júnior, 2012). Na Tabela 1 estão representadas as diretrizes utilizadas no processo de avaliação da qualidade de água para fins de irrigação, as quais devem levar em consideração os danos, a curto e longo prazo, para a produção de culturas e conservação do solo.

Tabela 1. Diretrizes para e interpretar a qualidade de água para irrigação.

Problema Potencial	Unidades	Grau de Restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira e Moderada	Severa
CEa Ou	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0

SDT	mg L ⁻¹	450 – 2000	>2000
Infiltração (avaliada usando-se a CEa e a RAS, conjuntamente) ³			
RAS = 0 – 3 e CEa =	>0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3 – 6 =	>0,12	1,2 – 0,3	< 0,3
= 6 – 12 =	>1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12 – 20 =	>2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20 – 40 =	>5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de Íons Específicos (afeta culturas sensíveis)			
Sódio (Na) ⁴			
Irrigação por superfície	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	<3	3 – 9 >9
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3	>3
Cloreto (Cl) ⁴			
Irrigação por superfície	meq L ⁻¹	<4	4,0 – 10 >10
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3	>3
Boro (B) ⁴			
	mg L ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0 >3,0
Outros (afetam culturas sensíveis)			
Nitrogênio (NO ₃ N) ⁶			
	mg L ⁻¹	<5,0	5,0 – 30 >3,0
Bicarbonato (HCO ₃) (Apenas aspersão convencional)			
	meq L ⁻¹	<1,5	1,5 – 8,5 >8,5
pH		Faixa normal: 6,5-8,4	

Nota: CEa - Condutividade elétrica da água; SDT - total de sais em solução; RAS - Relação de Adsorção de Sódio; Na⁺ - sódio; Cl⁻ - cloreto; B - boro; NO₃ - N - nitrogênio em forma de nitrato; HCO₃ - bicarbonato; pH - potencial Hidrogeniônico; dS m⁻¹ - deciSimiemens por metro; mg L⁻¹ - miligrama por litro; mmol_c L⁻¹ - milimol de carga por litro; meq L⁻¹ - miliequivalente por litro.

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

As águas provenientes dos poços cristalinos predominantes nessa região, em sua maioria, são salobras (provavelmente em virtude do material de origem, proveniente do aquífero) e inapropriadas para o consumo humano, sendo, por isso, necessária sua dessalinização, ato que gera rejeitos ainda mais salinos (40 a 60% da água processada), cujo destino, muitas vezes, tem sido feito de forma inadequada (Santos et al., 2011).

Estudos sobre o uso de águas salinas vem sendo efetivados afim de garantir a conservação dos recursos naturais que se encontram cada vez mais escassos. Na agricultura irrigada, o uso desta prática tem se tornado cada vez mais frequente, em

virtude da escassez hídrica, principalmente nas regiões semiáridas que apresentam grande variabilidade (Espacial e Sazonal) (Sousa et al., 2012).

A qualidade da água destinada à irrigação é avaliada em função de três critérios de suma importância para sua determinação, sendo eles: salinidade, caracterizada pelo aumento da concentração de sais solúveis no solo, afetando o efeito osmótico e, conseqüentemente, o rendimento da cultura; sodicidade, referente a percentagem de sódio trocável presente na água, cuja determinação é dada em função adsorção de sódio (RAS), que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST) afetando diretamente a capacidade de infiltração e, conseqüentemente, comprometendo a estrutura do solo e; toxicidade de íons que está diretamente relacionada aos problemas do acúmulo de determinados íons (como o cloreto, o sódio e o boro, por exemplo) nos tecidos das plantas que, em elevadas concentrações, podem causar danos às culturas, reduzindo sua produtividade (Pizarro, 1985; Holanda & Amorim, 1997; Almeida, 2010; Lacerda et al., 2011; Sousa et al., 2014).

Segundo Lacerda et al. (2006) e Sousa et al. (2010), o uso de águas salinas causam danos severos as culturas em virtude de inibir o seu crescimento por meio da redução do potencial osmótico da solução do solo, acarretando a diminuição da absorção de água e, conseqüentemente, acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, levando a toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional. Desta forma, a utilização dessas águas fica condicionada a tolerância da planta a salinidade e a intensidade do processo de salinização dos solos irrigados. Daí a importância para com a realização das análises laboratoriais necessárias para a avaliação da água destinada a irrigação, apresentadas na Tabela 2, estudos semelhantes podem ser observados em publicações de (Richards, 1954; Rhoades & Clark, 1978; Dewis, Freitas, 1970; Apha, 1980; Ayers, Westcot, 1999), quanto as características avaliadas.

Tabela 2. Análises de laboratório necessárias para se avaliar a água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade ¹	Valores normais em água de irrigação		
SALINIDADE					
Conteúdo de Sais Condutividade elétrica	CEa	dS m ⁻¹	0	-	3

Ou					
Sais Dissolvidos Totais	SDT	mg L ⁻¹	0	-	2.000
Cátions e Ânions					
Cálcio	Ca ⁺⁺	meq L ⁻¹	0	-	20
Magnésio	Mg ⁺⁺	meq L ⁻¹	0	-	5
Sódio	Na ⁺	meq L ⁻¹	0	-	40
Carbonatos	CO ₃ ⁻⁻	meq L ⁻¹	0	-	0,1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	0	-	10
Cloretos	Cl ⁻	meq L ⁻¹	0	-	30
Sulfetos	SO ₄ ⁻⁻	meq L ⁻¹	0	-	20
NUTRIENTES²					
Nitrato-Nitrogênio	NO ₃ ⁻ N	mg L ⁻¹	0	-	10
Amônio- Nitrogênio	NH ₄ ⁻ .N	mg L ⁻¹	0	-	5
Fosfato-Fósforo	PO ₄ ⁻ .P	mg L ⁻¹	0	-	2
Potássio	K ⁺	mg L ⁻¹	0	-	2
VÁRIOS					
Boro	B	mg L ⁻¹	0	-	2
Acidez ou Alcalinidade	pH		6	-	8,5
Relação de Adsorção de Sódio	RAS	(mmol L) ^{0,5}	0	-	15

Nota: dS m⁻¹ = deciSimeimens/metro em unidade SI (1 mmho cm⁻¹ = dS m⁻¹); mg L⁻¹ = miligramas/Litro = partes por milhão (ppm); meq L⁻¹ = miliequivalentes/Litro (meq L⁻¹ = mg L⁻¹: peso equivalente). Em unidades SI, 1 meq L⁻¹ = milimol/Litro corrigido segundo a carga iônica; NO₃⁻-N significa que o laboratório deverá determinar NO₃⁻ e expressa-lo em termos de equivalência química de N. Da mesma forma, para NH₄⁺ · N o laboratório determinará NH₄⁺, mas o expressará, em termos equivalentes químicos de N elementar. O nitrogênio total disponível para as plantas será a soma de equivalentes de nitrogênio. O mesmo método deverá ser utilizado para se expressar o fosforo; RAS é calculada a partir de Na, Ca e Mg em meq L⁻¹.

2.5 Principais solos explorados com a cultura da palma

De acordo Coelho et al. (2014), existem uma diversidade de solos na natureza que irão se distinguir quanto às suas características que são: espessura – superfície do solo em contato com a atmosfera que varia conforme o tipo de solo; cor – relacionada ao material de origem, teor matéria orgânica, óxidos de ferro, dando origem a solos amarelos, vermelhos, vermelho-amarelos; quantidade e organização das partículas de que são compostos – as frações inorgânicas do solo argila, silte e areia; fertilidade – capacidade do solo em fornecer nutrientes as culturas; estrutura – agregados constituintes do solo que podem ser facilmente modificados.

Os solos da região semiárida apresentam vasta diversidade e elevada variação nas características físico-químicas. Estes estão distribuídos percentualmente em: Neossolos Litólicos (19,2%), caracterizados por apresentar pouco desenvolvimento pedogenético,

com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha; Latossolos (21% da região) que do ponto de vista da gênese são solos profundos, bem drenados, porém com baixos teores de matéria orgânica, em virtude do processo de lixiviação; Argissolos (14,7%) que tem como característica a translocação da argila de horizontes superficiais para os subsuperficiais, apresentando baixa ou alta atividade da fração argila, conjugada com saturação por bases (CTC) baixa e/ou caráter alítico, sendo normalmente solos ácidos e; Luvisolos (13,3%) que detém de horizonte B proveniente da acumulação de argila de alta atividade e saturação por bases (Jacomine, 1996; Santos et al., 2013).

Já os que apresentam menor percentual de distribuição, segundo autores supracitados são os Neossolos Quartzarênicos (9,3%), solos que detém elevado percentual de areia (90%) e classificação textural variando de areia ou areia franca ao longo de 150 cm de profundidade; Planossolos (9,1%), solos minerais imperfeitamente ou mal drenados devido a elevada concentração de argila, bem como transição abrupta característica dessa classe de solo; Neossolos Regolíticos (4,4%) que apresentam contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm e; Cambissolos (3,6%) que apresentam alta atividade da fração argila e saturação por bases (Santos et al., 2013).

Os 5,4% dos demais solos que compõe a região Nordeste são compostos por Neossolos Flúvicos, derivados de sedimentos aluviais; Vertissolos, pouco permeáveis e caracterizados pela ausência do horizonte B, outro fator diz respeito ao fato de que na presença de umidade ocorre sua expansão e na ausência contração propiciando o surgimento de fendas profundas, necessitando, assim, de um manejo mais eficaz e; Chernossolos, solos bastante férteis do ponto de vista agrícola que tem como característica o horizonte A chernozêmico (Jacomine, 1996; Santos et al., 2013).

Os solos da região Nordeste são mais propícios ao processo de degradação em virtude da ausência de cobertura vegetal que facilita o processo erosivo pelo transporte das camadas mais férteis do solo (os primeiros 20 cm). Em sua maioria, são solos rasos e com baixa capacidade de retenção de água, limitações quanto ao processo de mecanização, mais susceptíveis a salinização, refletindo na produção e qualidade da forragem (Ribeiro et al., 2009; Cândido et al., 2013; Silva et al., 2014).

Faz-se necessário estudos voltados exploração destes solos, afim de conhecer os atributos físicos que correspondem a um conjunto de características responsáveis por delinear o seu comportamento das quais destacam-se a granulometria, densidade de partícula, densidade do solo, porosidade, retenção de água, estrutura e consistência. Enquanto, os atributos químicos do solo sua variabilidade está diretamente as complexas

interações entre os fatores e os processos de sua formação, sendo que as principais características a serem avaliadas são: pH – potencial Hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca^{2+} – cálcio; Mg^{2+} – magnésio; K^+ – potássio; Na^+ – sódio; Al^{3+} – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade de troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável (Tabelas 3 e 4) (Mota et al., 2008; Artur et al., 2014).

Tabela 3. Atributos físicos de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico, na chapada do Apodi, RN.

Hor.	Prof.	Areia ⁽¹⁾						Silte	Argila		Classe textural ⁽²⁾	Grau de Floc	Relação Silte/arg	Densidade			Porosidade			Limite	
		MG	G	M	F	MF	Total		Total	Água				Solo	Part.	Macro	Micro	Total	Liquidez	Plasticidade	Pegajosidade
Cm		-----g kg ⁻¹ -----										----g cm ⁻³ ----			-----%-----			-----g 100 g ⁻¹ -----			
CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico																					
Ap	0–10	243	87	58	94	47	529	242	229	102	fr-arg.ar.	55	1,06	1,46	2,46	8	32	40	23	13	25
BA	10–32	200	76	55	98	46	475	226	299	57	fr-arg.ar.	81	0,76	1,46	2,47	8	32	40	25	16	29
Bi1	32–48	205	79	56	94	41	475	216	309	36	fr-arg.ar.	88	0,70	1,36	2,47	14	31	45	24	17	31
Bi2	48–115	208	74	54	90	33	459	237	304	31	fr-arg.ar.	90	0,78	1,31	2,49	15	33	48	24	19	31
BC	115–163+	283	68	56	119	63	589	212	199	25	fr-arg.ar.	87	1,06	**	2,47	**	**	**	24	19	29

Nota: ⁽¹⁾Areia MG: muito grossa; G: grossa; M: média; F: fina; MF: muito fina. ⁽²⁾Classe Textural: fr-arg.ar.: franco-argiloarenosa; frar.: franco-arenosa; ar.: arenosa; ar. fr.: areia franca. ⁽³⁾não-plástico. ⁽⁴⁾não-pegajoso. **: não determinado.

Fonte. Mota et al. (2008).

A determinação dos atributos do solo (físico e químico), favorecem o melhor desenvolvimento da cultivar e a conservação do solo. Segundo Santos et al. (2006), a cultura da palma é bastante exigente quanto as características físico-químicas do solo. Quando o solo apresenta boa fertilidade, a textura a ser indicada varia de arenosa à argilosa, no entanto, os solos argilo-arenosos são os mais recomendados para o cultivo da mesma, em razão de apresentar melhor drenagem, uma vez que a cultura não tolera encharcamento. Dubeux Júnior (2005), ressalta que não é recomendado implantar a cultura em solo salino.

2.6 Efeitos dos sais no solo

Andréo-Souza et al. (2010), faz menção a salinidade como sendo a concentração de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, causando danos a estrutura do solo, oriundos da presença dos sais advindos, basicamente, da interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. O solo com excesso de sódio trocável e na presença de umidade está propício a expansão da argila e a contração quando seca. A expansão da argila de forma desordenada, proporciona a fragmentação das partículas, acarretando a dispersão da mesma e modificação da estrutura do solo (Medeiros et al., 2008; Gheyi et al., 2010).

Atualmente, a salinidade vem tomando proporções mundiais e atingido diversas áreas, das quais: 8% estão classificadas como moderadamente degradadas; 10% apresentam-se em estágio de recuperação; 25% encontram-se degradadas e; 36% são consideradas como estáveis (Fao, 2011; Gonçalves et al., 2015). Estudos realizados por Ribeiro et al. (2003) revelam que existem cerca de 1 a 5 bilhões de hectares de solos afetados por sais em todo o mundo, principalmente, em áreas irrigadas que não utilizam de manejo adequado, refletindo assim na redução da produtividade e degradação do solo pelo excesso de sais. Em pesquisas recentes realizadas pela Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas – FAO, foram verificadas a existência de mais de 397 milhões de hectares completamente salinizados (Koohafkan, 2012).

O processo de salinização dar-se de duas formas: natural (salinização primária), através da ascensão do lençol freático, ação direta das marés, material de origem, dentre outras e; ação antrópica (salinização secundária), dada, principalmente, pelo processo de irrigação mau manejada (Bezerra et al., 2010). De acordo com a Fao (2011), as práticas agrícolas estão diretamente relacionadas a degradação do meio, promovendo a perda da

biodiversidade e, conseqüente poluição de mananciais superficiais e subterrâneos, sendo as regiões áridas e semiáridas as mais afetadas em virtude das condições climáticas.

As condições climáticas atrelada ao manejo inadequado da irrigação, bem como a drenagem deficiente contribuem para a intensificação do processo de salinização dos solos, podendo atingir níveis prejudiciais à maioria das culturas em um espaço de tempo relativamente curto, tornado imprescindível a utilização de técnicas voltadas a conservação do solo (Holanda et al., 2001).

De acordo com estudos desenvolvidos por Teasdale et al. (2006), a utilização de resíduos vegetais, como cobertura do solo, reduz as amplitudes térmicas do mesmo, favorecendo o desenvolvimento das culturas, bem como, a redução da temperatura favorecendo a atividade biológica ali presente, na dinâmica da água no solo e na absorção de íons. Outro fator crucial na adoção da técnica, encontra-se relacionado a melhoria da estrutura, em meio ao aumento da agregação do solo, redução do processo erosivo. No recorrente a química, favorece a disponibilização de alguns nutrientes.

Diversos autores, em seus estudos, ressaltam a importância da utilização da cobertura vegetal, sob diferentes condições edafoclimáticas, atreladas aos atributos químicos e físicos do solo. Dadas por da produção de massa seca, acúmulo e liberação de nutrientes após a decomposição dos resíduos e, conseqüente incorporação dos mesmos ao solo (Bertol et al., 1998; Aita et al., 2001; Oliveira et al., 2004; Torres et al., 2005; Espíndola et al., 2006; Boer et al., 2007; Gamarodrigues et al., 2007; Torres et al., 2008).

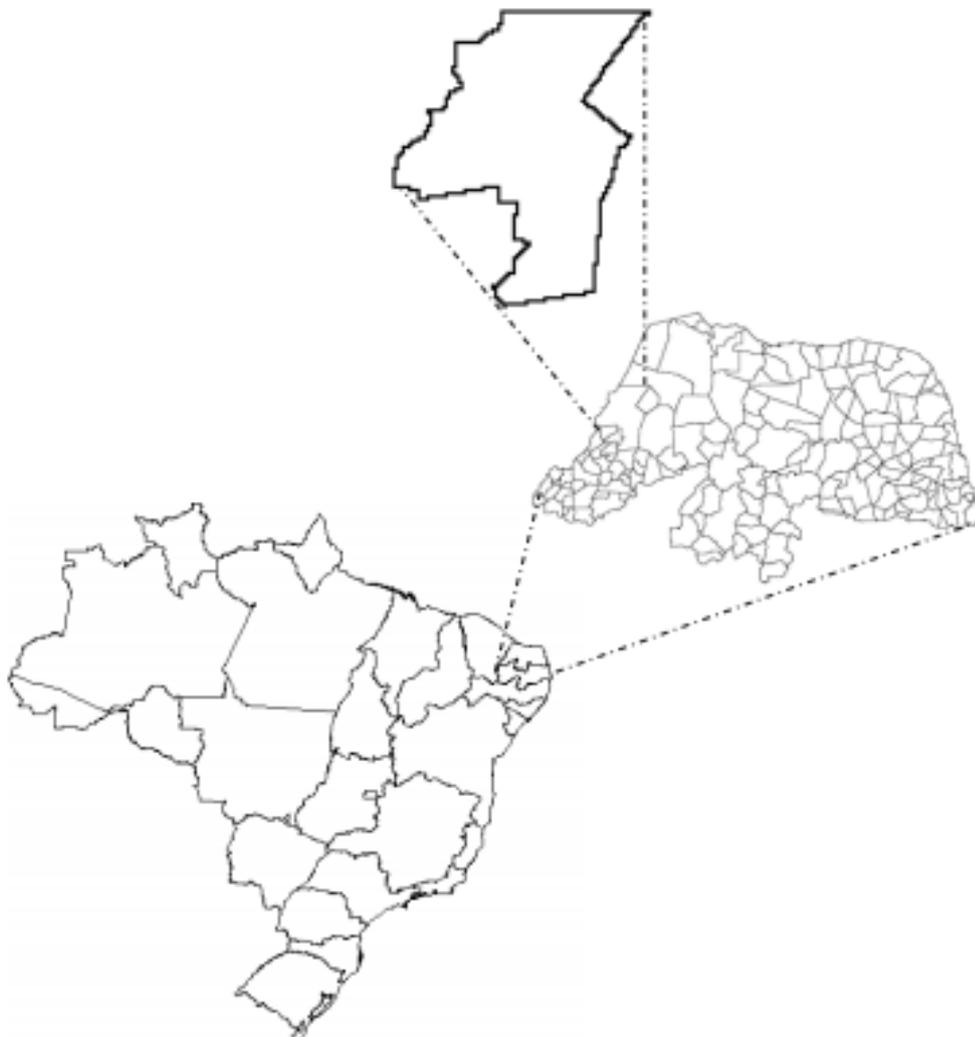
Outro fator a ser observado quanto a degradação química e física do solo, encontra-se a utilização das águas acrescidas de sais. Para tanto, estudos detalhados da adequabilidade da água para fins agrícolas, deve considerar, principalmente, fatores relacionados ao teor e tipo de sais, às características do solo, à tolerância da cultivar a ser implantada, ao manejo da irrigação e as condições de drenagem (Holanda & Amorim, 1997; Rhoades et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O projeto de pesquisa foi conduzido na Estação Experimental de Apodi/RN, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), no município de Apodi, localizada na rodovia RN 233 Km, ($5^{\circ}37'37.4''$ S e $37^{\circ}48'56.3''$ W), Figura 1).

Figura 1. Mapa do Brasil e do Rio Grande do Norte, destacando o município de Apodi/RN.



Fonte: Cavalcante Junior (2011).

Na Figura 3, encontra-se a imagem da precipitação pluviométrica em Apodi/RN (mm).

Figura 2. Caracterização da área em estudo, localizado na EMPARN em Apodi/RN.

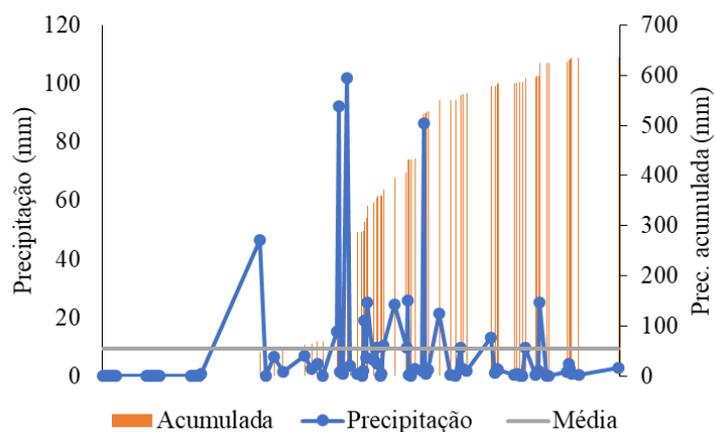


Fonte: Google Earth (2017).

O município de Apodi/RN, conforme o INMET (2009), apresenta as seguintes características: temperaturas máxima, média e mínima de 34,1; 27,1 e 22,8 °C, respectivamente; umidade relativa 66,8%, insolação 3.041 h ano⁻¹ e evaporação 2.189 mm ano⁻¹. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é do tipo BSw'h', marcado por um clima quente e semiárido, representado por duas estações bem definidas (uma chuvosa e outra seca), com índices pluviométricos variando entre 550 e 800 mm por ano.

Foi realizado o acompanhamento das condições climáticas (temperatura, umidade relativa, insolação, evaporação, precipitação e velocidade do vento) durante o período do experimento por meio de estação agrometeorológica, localizada na Estação Experimental. A precipitação pluviométrica encontra-se registrada na Figura 3

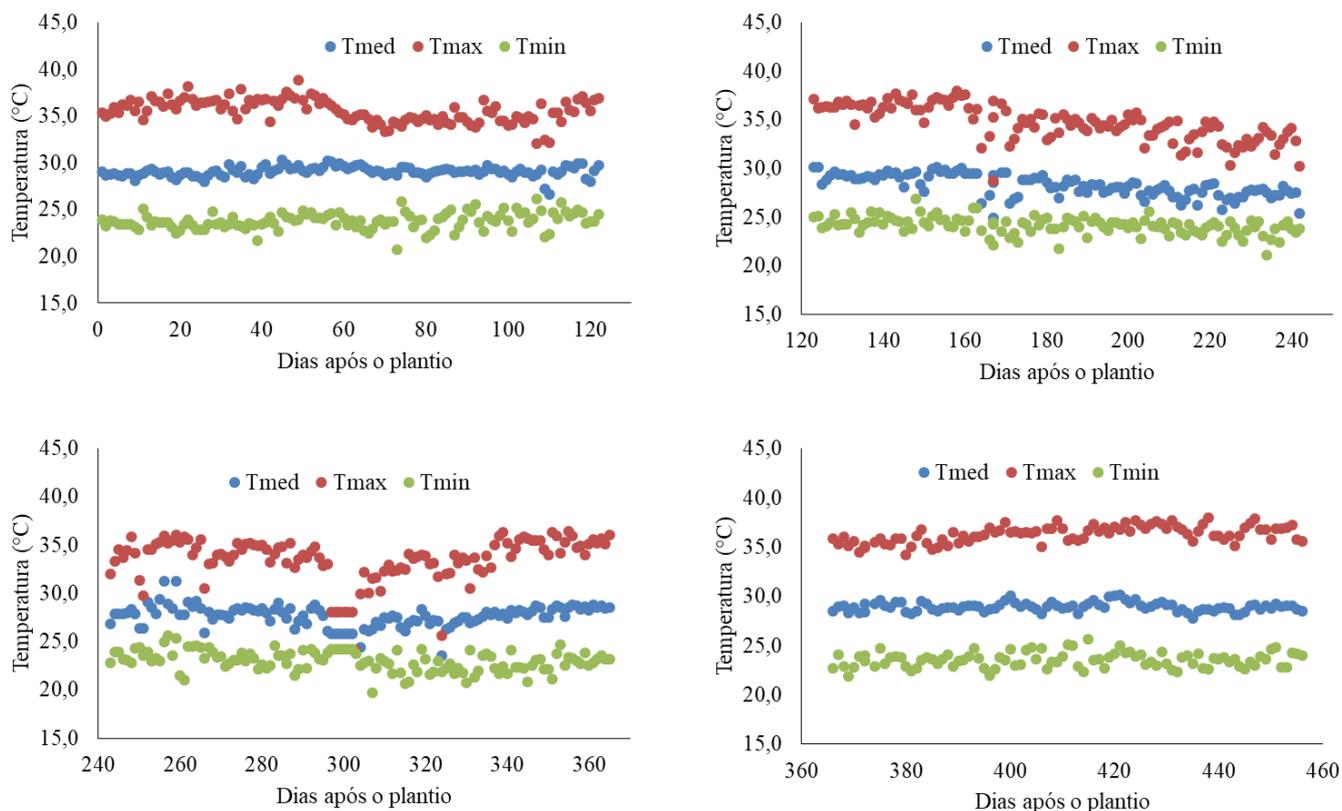
Figura 3. Variabilidade das precipitações pluviométricas registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em Apodi/RN.



Nota: As precipitações em barra e a precipitação acumulada em linha.
Fonte: Compilação da Autora (2017).

Figura 4 encontrasse representa a umidade relativa do ar para o período experimental, no município de Apodi/RN.

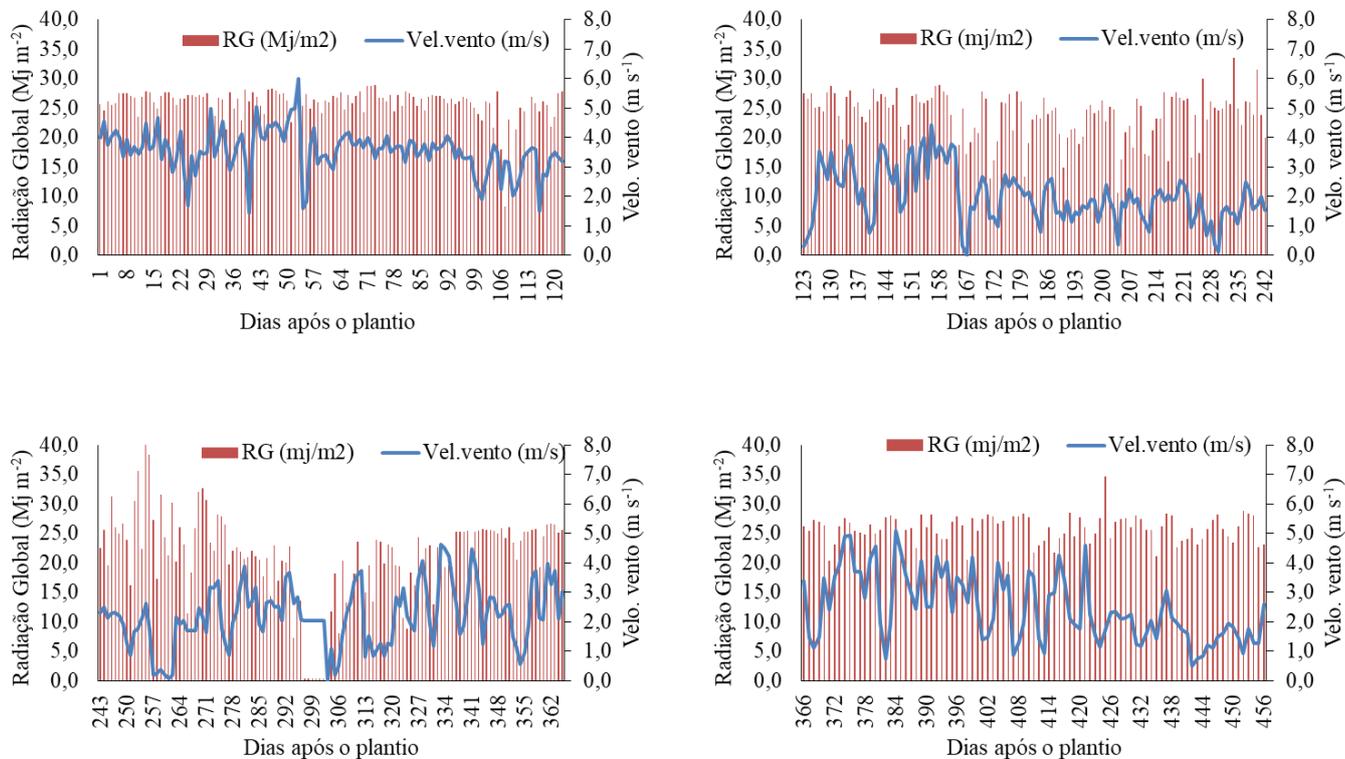
Figura 4. Temperaturas máxima e mínima absolutas e médias diárias registradas entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em Apodí/RN.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na Figura 5, encontra-se representada a variabilidade da radiação global e velocidade do vento registrados durante o período experimental, no município de Apodi/RN.

Figura 5. Radiação global e velocidade média do vento diárias registradas entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.

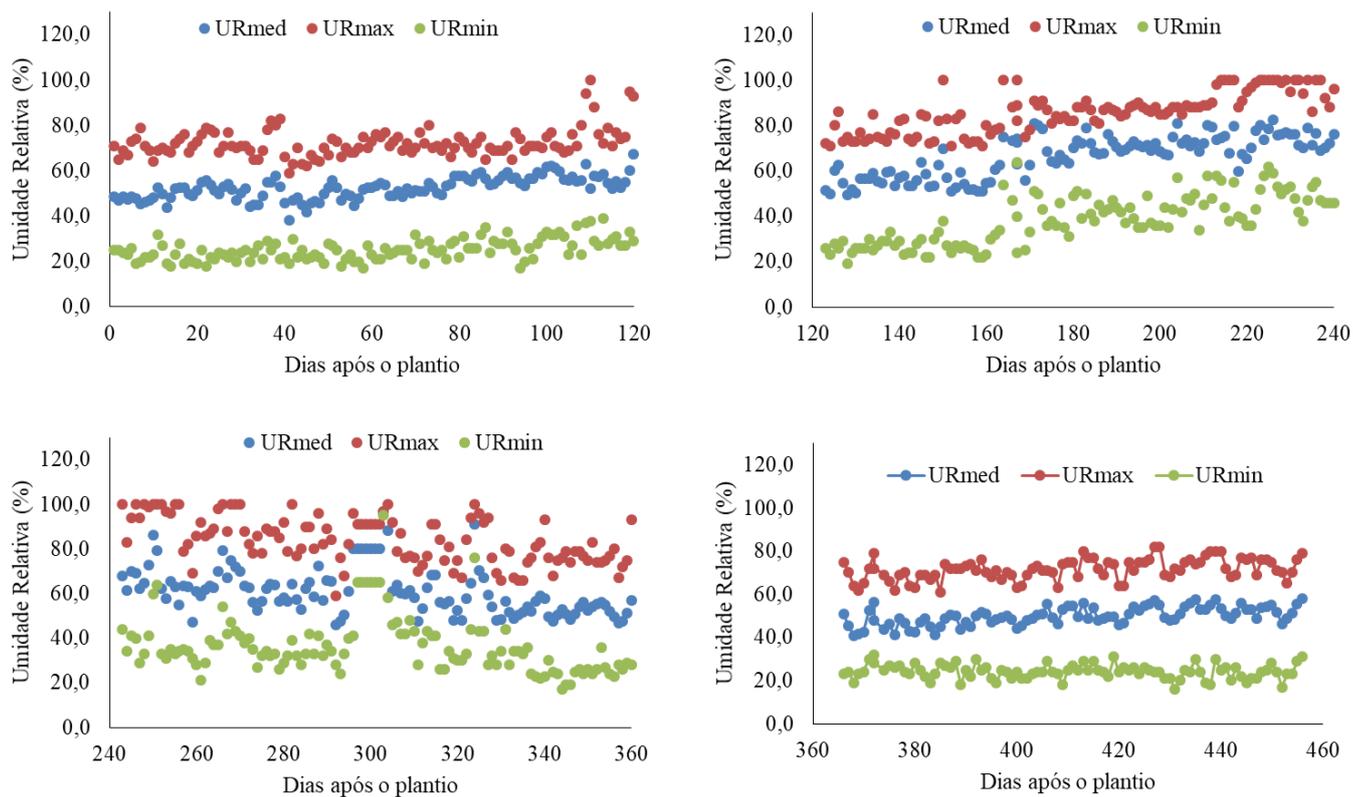


Nota: Velocidade do vento em linha e radiação global em coluna.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na Figura 6, está disposta a variabilidade da umidade relativa máxima, mínima e média registradas durante o período experimental, Apodí/RN.

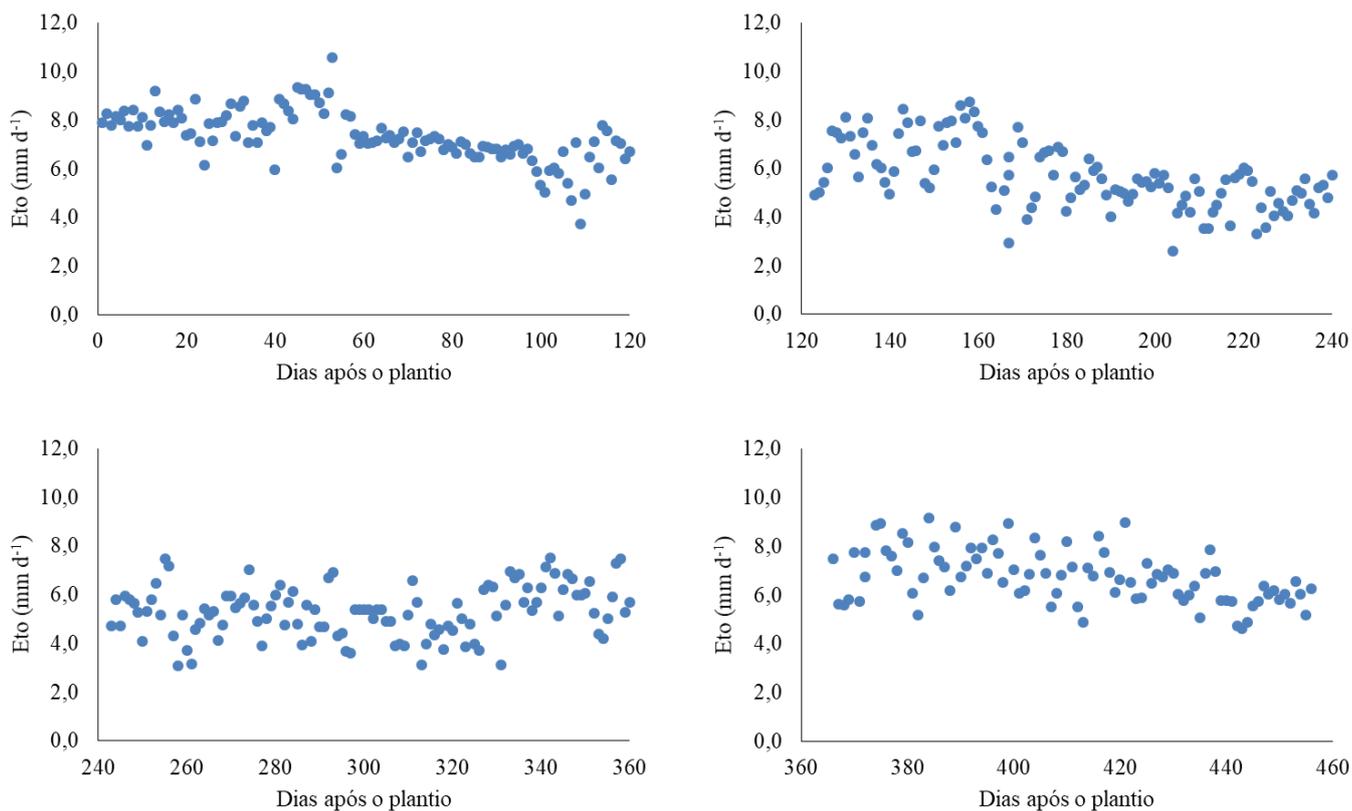
Figura 6. Umidade relativa máxima, mínima e média diárias registradas entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na Figura 7, está disposta a variabilidade da Evapotranspiração de Referência (ET_o), registradas durante o período experimental, Apodi/RN.

Figura 7. Evapotranspiração de Referência (ET_o), registrados entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em de Apodí/RN.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

3.2 Caracterização física e química do solo em estudo

A caracterização do solo utilizado na pesquisa, deu-se mediante a sua coleta nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m. Posteriormente, estas amostras foram acondicionadas em depósitos devidamente identificados e conduzidas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta – LASAP do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRS, Campus, Mossoró/RN, onde realizaram-se as análises físicas e químicas.

3.2.1 Caracterização física do solo

As análises correspondentes a parte física do solo, realizadas a partir de amostras com estrutura deformada e indeformada, consistiu da granulometria, densidade do solo e de partícula.

Na Tabela 4, encontram-se representados os valores referentes a a densidade e distribuição do tamanho de partículas e classificação textural da área em estudo.

Tabela 4. Distribuição do tamanho de partículas e classificação textural da área em estudo, EMPARN no município de Apodi/RN.

Prof	Ds	Dp	Distribuição do tamanho das partículas				Silte	Silte/Argila	Classificação textural (SBCS)
			Argila	Areia		Total			
				Grossa	Fina				
m	kg dm ⁻³		g kg ⁻¹						
0,0-0,2	1,70	2,78	270	430	220	650	80	300	Franco argilo arenosa
0,2-0,4	1,53	2,71	400	330	190	520	80	200	Argila Arenosa

Nota: Profundidade (Prof) e Sistema Brasileiro de Classificação do solo (SBCS).

Fonte: Compilação da Autora (2017).

3.3 Montagem e condução do experimento

Para implantação da cultura, palma forrageira IPA Sertânia, foi realizado a limpeza do terreno seguido de aração e gradagem, no mês de setembro de 2016. No plantio da cultura, as raquetes passaram por um processo de seleção visual, onde a equipe escolheu as que apresentarem maior robustez e sem enfermidades aparentes.

A área do experimento foi constituída de 15 fileiras de palma com 42 m de comprimento. O plantio foi realizado no espaçamento de 3,0 m, com espaçamento entre plantas 0,1 m. Cada parcela principal foi constituída por três fileiras de palma IPA Sertânia com 10,5 metros, sendo a fileira central considerada área útil e as duas laterais como bordaduras. Nas sub parcelas foram aplicados a cobertura de solo com palha de arroz ou não.

A adubação consistiu na aplicação de superfosfato simples no sulco de plantio (100 kg/há de P₂O₅) e foi aplicado mensalmente, em fertirrigação, o nitrogênio (300 kg/ha/ano), na forma de ureia, e o potássio (100 kg/ha/ano), na forma de cloreto de potássio.

3.4 Tratos culturais

Realizou-se a limpeza do palmal, sempre que necessário, bem como controles sazonais de pragas e doenças, que surgiram durante o ciclo do experimento, bem como a substituição de raquetes que apresentaram tombamento e enfermidades. Quanto a cochonilha de escama, praga frequente nos antigos palmares, foi utilizado para seu controle um tratamento à base de óleo mineral a 2%, via pulverização direta nas plantas afetadas.

3.5 Sistema de irrigação

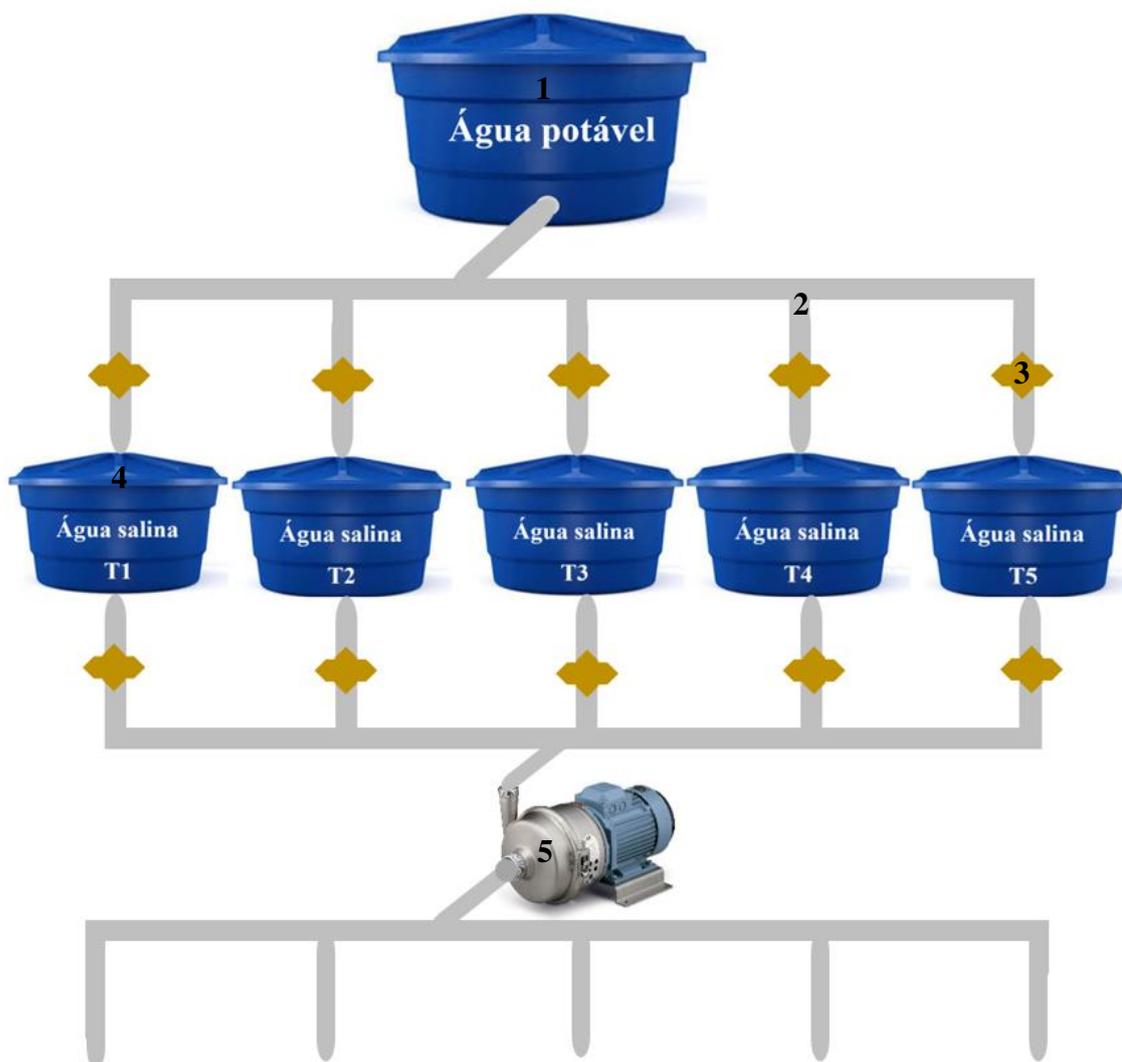
Quanto ao sistema de irrigação, utilizou-se o de gotejamento em fileiras simples, por fita gotejadora de pequena intensidade, de 16 mm de diâmetro, com vazão de $5 \text{ L h}^{-1}\text{m}^{-1}$ com espaçamento entre os gotejadores de 0,30 m. A água utilizada na irrigação foi oriunda do poço tipo tubular, localizado na EMPARN, a qual foi acrescida de níveis de salinidade para complementação hídrica da cultura da palma forrageira IPA.

De acordo, com análises realizadas pela EMPARN, a água foi caracterizada como de baixa salinidade ($C_1S_1T_1$), com baixos teores de sódio e cloreto (0,23 e 0,46 mmolc L^{-1}), condutividade elétrica de $0,10 \text{ dS m}^{-1}$, com relação de adsorção de sódio (RAS) igual a 0,23, ou seja, não apresenta restrições de uso para qualquer cultura, sob qualquer sistema de aplicação de água.

Para fins da pesquisa, a água recebeu aporte de sais para que chegasse a concentração de 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m^{-1} , respectivamente, sendo estas avaliadas por meio do pHmetro e condutivímetro portátil, sempre que a água era preparada para sua utilização na irrigação. O processo de complementação hídrica foi realizado por meio de bombeamento, acoplado em cinco reservatórios de água de polietileno de $2,0 \text{ m}^3$, contendo água proveniente do poço e água adicionada de sais (2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m^{-1}), cada um representado por uma coloração (branco- $0,0 \text{ dS m}^{-1}$; azul- $2,5 \text{ dS m}^{-1}$; amarelo- $5,0 \text{ dS m}^{-1}$; laranja- $7,5 \text{ dS m}^{-1}$ e vermelho- 10 dS m^{-1}).

No processo de montagem do sistema de irrigação, foi realizada a derivação da tubulação da caixa principal, através da instalação de uma tubulação secundária, responsável por abastecer as cinco caixas dispostas em série. Cada caixa possui um registro responsável por ligar/desligar o sistema, sendo que todos foram acoplados em uma motobomba, responsável pelo recalque da água dos reservatórios, que se encontra acoplada a tubulação principal com registros em cada tubulação secundária, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8. Caracterização do sistema de bombeamento utilizado para o cultivo da Palma forrageira.



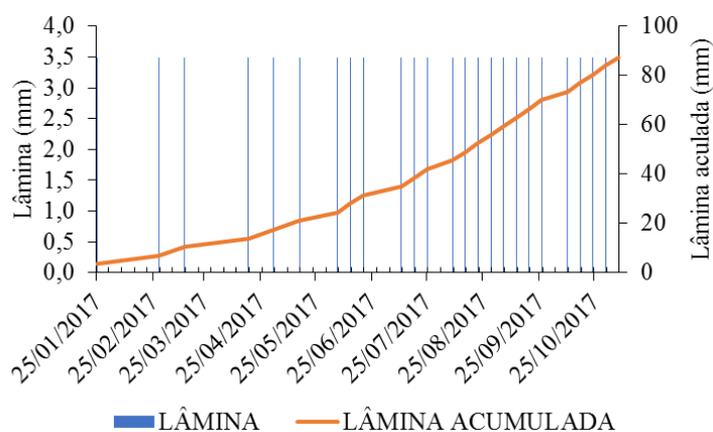
Nota: ¹Caixa d'água (água potável); ²Tubulação em PVC; ³Registros Liga/Desliga; ⁴Reservatórios para água salina e; ⁵Motobomba.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

A complementação hídrica realizada foi suplementar à precipitação pluvial, fixada a cada sete dias a partir da última precipitação pluviométrica ocorrida, com tempo de aplicação de duas horas, por gotejamento, com lâmina de água aplicada de 3,5 mm, que corresponde à metade da evapotranspiração de referência (ET_o) diária da região (7,0 mm d⁻¹). A primeira irrigação com os tratamentos supracitados foi realizada no dia 25 de janeiro de 2017. De acordo com estudo desenvolvido por Lemos (2016), quanto o uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro, baseando-se na metade da Eto média diária (3,5 mm), apresentou-se de forma positiva para o cultivo da palma, ou seja, a lâmina adotada foi suficiente para atender a demanda hídrica da cultura.

Na Figura 9, estão representadas as lâminas de irrigação aplicadas desde o plantio, durante o período do experimento. As irrigações foram realizadas semanalmente, aplicando-se o a metade da ETo da região (3,5 mm), estabelecida para o período de seca da região. Quando ocorreram precipitações superiores a 10 mm a irrigação foi suspensa a irrigação. Sendo que até a última coleta foi aplicada uma lâmina total acumulada de 87,5 mm, em 312 dias.

Figura 9. Comportamento da irrigação utilizada durante o experimento, realizado em Apodi/RN (mm).



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Quando da ocorrência de precipitações efetivas acima da lâmina estabelecida, suspendia-se a aplicação da lâmina prevista naquela semana, de pelo menos 10 mm, desta forma em virtude das precipitações ocorridas entre 25 de janeiro e 7 de novembro do ano de 2017, foram realizadas apenas 25 irrigações. Inspeções das mangueiras foram feitas nos dias de irrigação, a fim de controlar possíveis entupimentos, devido ao acúmulo de sais ou danos provocados por roedores e vazamentos.

3.6 Tratamento e delineamento

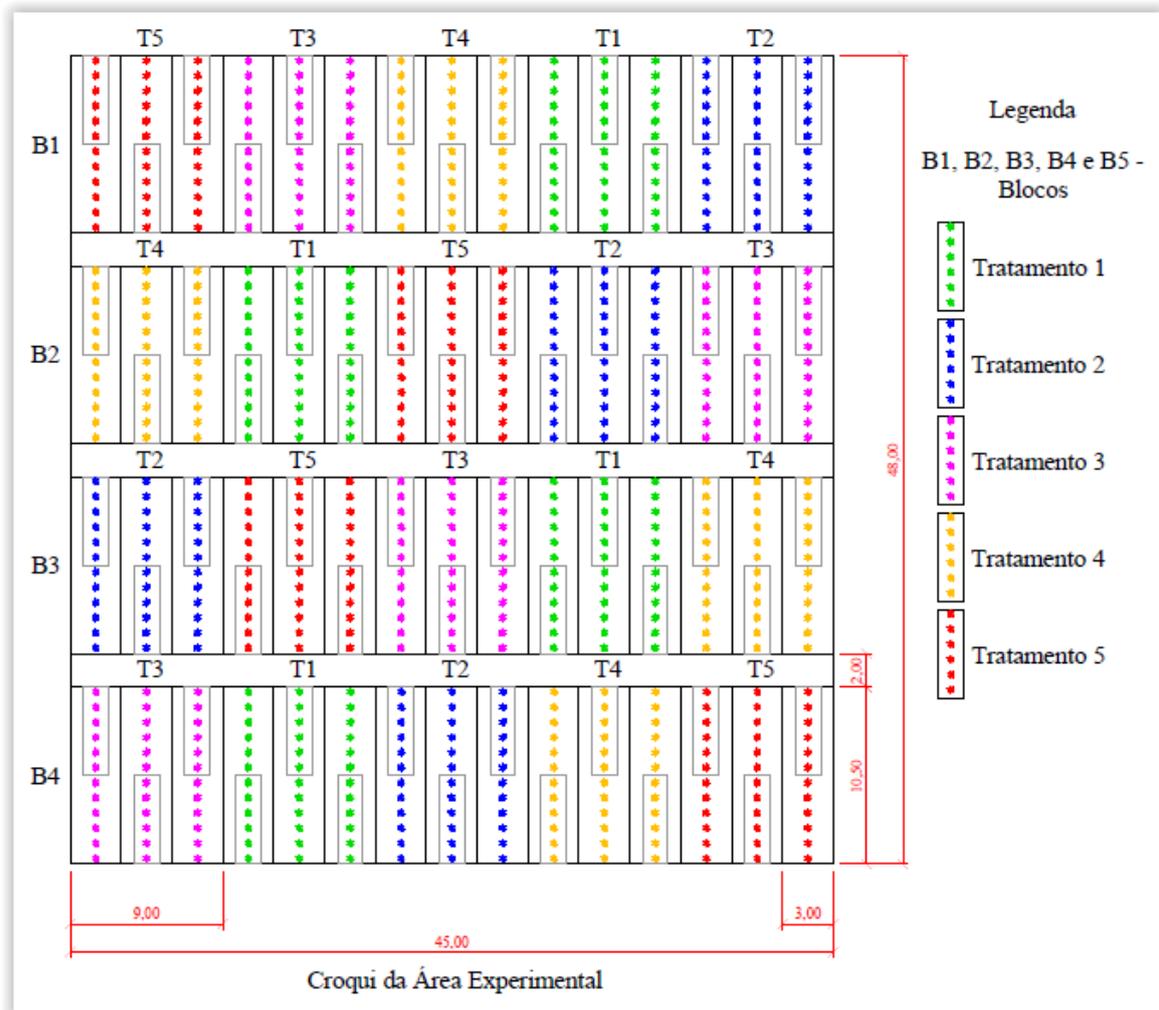
O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com quatro repetições no esquema experimental em parcelas subdivididas, tendo os níveis de salinidade 0,1; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m⁻¹, dispostos nas parcelas, condicionador orgânico para a cobertura do solo (Palha de arroz e sem cobertura) nas subparcelas e, profundidades (0,0-

0,20 e 0,20-0,40 m) nas subsubparcelas, para as variáveis dos atributos químicos do solo, acrescentou-se a profundidade de amostragem, totalizando 80 unidades experimentais.

No recorrente a cobertura do solo utilizada na área de estudo, utilizou-se 1,0m de largura, 5,0 cm de altura do composto na área de 3333 m ha⁻¹, totalizando um volume 166 m³ ha⁻¹.

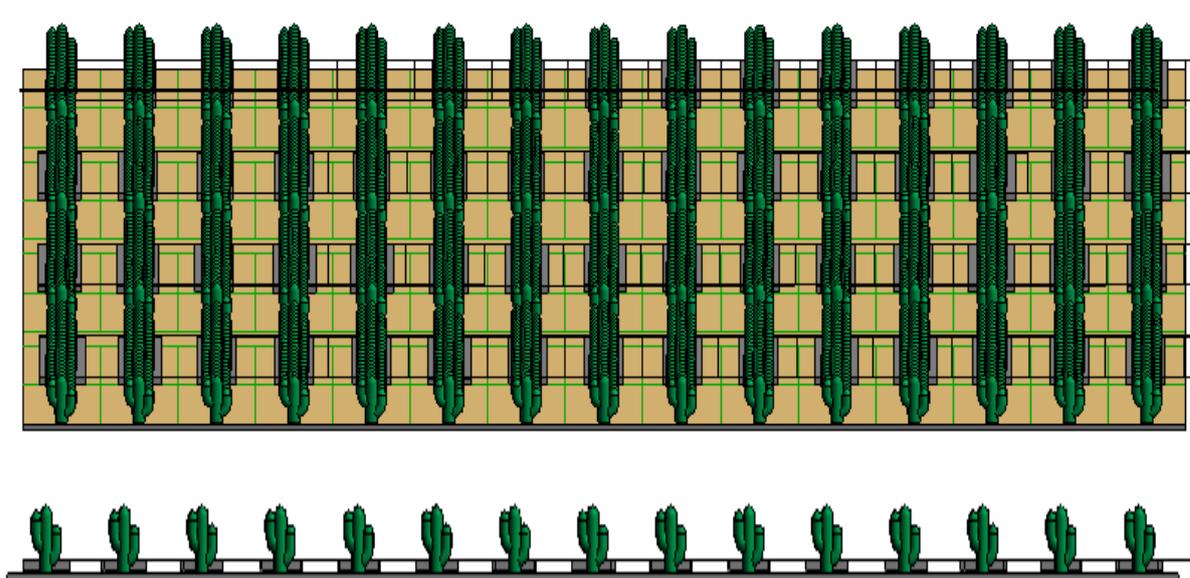
Nas Figuras 10 e 11, encontram-se representados o croquis da disposição dos tratamentos em campo, bem como um esquema da vista superior e lateral da disposição dos blocos da área experimental em estudo.

Figura 10. Croquis da disposição dos blocos na área experimental e a distribuição dos tratamentos: Lâmina com distintos níveis de salinidade *versus* composto orgânico, para a cultivar Palma forrageira IPA.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Figura 11. Esquema da vista superior e lateral da disposição dos blocos na área experimental da cultivar Palma forrageira IPA.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Os níveis salinos de 2,5 a 10,0 dS m⁻¹ obtiveram-se por reconstituições com adição de soluções salinas (Cloreto de Sódio – NaCl, Cloreto de Cálcio – CaCl₂.2H₂O e Sulfato de Magnésio – MgSO₄.7H₂O). A Tabela 5 apresenta a concentração de cada sal adicionado nas diferentes águas.

Tabela 5. Concentrações de sais adicionados a água de irrigação para os diferentes tratamentos.

CE da água dS m ⁻¹	Concentração dos sais adicionados (g L ⁻¹)		
	NaCl	CaCl ₂ .2H ₂ O	MgSO ₄ .7H ₂ O
0,1	0,0	0,0	0,0
2,5	0,98	0,35	0,59
5,0	2,00	0,72	1,21
7,5	3,03	1,09	1,82
10,0	4,05	1,38	1,21

Nota: Condutividade elétrica (CE); Cloreto de Sódio (NaCl); Cloreto de Cálcio (CaCl₂.2H₂O) e Sulfato de Magnésio (MgSO₄.7H₂O).

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na Tabela 6, encontram-se a composição média das águas após a adição do cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O), utilizadas na irrigação, além da água proveniente do poço da EMPARN.

Tabela 6. Água utilizada no processo de irrigação da palma forrageira IPA Sertânia, EMPARN.

Fonte	CE (dS m ⁻¹)	mmol _c L ⁻¹							RAS (mmol ⁻¹) ^{0,5}
		SO ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃	HCO ₃	
S1	0,1				0,23	0,46	0,00	0,30	0,23
S2	2,5	2,5	5,0	2,5	17,5	22,5	0,00	0,30	9,04
S3	5,0	5,0	10,0	5,0	35,0	45,0	0,00	0,30	12,78
S4	7,5	7,5	15,0	7,5	52,5	65,7	0,00	0,30	15,65
S5	10	10,0	20,0	10,0	70,0	90,0	0,00	0,30	18,07

Nota: N - Água de irrigação; SO₄ - sulfato de magnésio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Na⁺ - sódio; Cl⁻ - cloreto; CO₃ - carbonato; HCO₃ - bicarbonato; RAS - Razão de Adsorção de Sódio.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

3.7 Análises químicas e de salinidade do solo

As análises químicas de fertilidade e salinidade do solo, foram realizadas nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, nos tratamentos com e sem cobertura. A primeira coleta, antes da aplicação dos tratamentos, utilizada para a caracterização da área foi realizada no dia 15/08/2016. Vale salientar que em virtude das chuvas, decorrentes no período experimental, não foi feita a aplicação da irrigação.

Após a aplicação dos tratamentos, foram realizadas três coletas nos dias 26/10/2016, 19/04/2017 e 07/11/2017, com o auxílio do trado holandês a aproximadamente 20 cm da cultura, afim do não comprometimento do sistema radicular, buscando-se proximidade ao sistema de gotejamento, com o intuito de obter uma maior representatividade dos tratamentos. Todas as amostras foram coletadas na linha principal da cultura, a partir da coleta de duas amostras simples - retiradas nas duas profundidades, nos tratamentos com e sem cobertura e, para as diferentes concentrações salinas utilizadas, para formação de uma amostra composta, constituindo assim na retirada de 80 amostras da área experimental para as três coletas de solo, realizadas após a aplicação dos tratamentos.

Após a coleta e identificação, as amostras foram conduzidas ao LASAP na UFERSA, para análise dos atributos: condutividade elétrica (CE); potencial hidrogeniônico (pH); Matéria Orgânica (MO); cálcio (Ca²⁺); magnésio (Mg²⁺); sódio (Na⁺); potássio (K⁺); nitrogênio (N) e fósforo (P) (Donagema et al., 2011).

- pH (potencial Hidrogeniônico na proporção de 1:2,5): determinado a partir de 10 cm³ de solo e 25 mL da água, alocada em copo descartável, para posterior leitura no pHmetro, marca TECNAL 3MP.

- CE (Condutividade Elétrica na proporção de 1:2,5): indicada a partir de 10 cm³ de solo e 25 mL da água, alocada em copo descartável, para posterior leitura no condutivímetro.

- Na⁺ (Sódio) e K⁺ (Potássio): determinados através de 10 cm³ de solo e 100 mL da solução duplo-ácida (HCL 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M - Mehlich-1), onde foi retirada posteriormente 20 mL da amostra, alocada em copo descartável, e leitura no fotômetro de chama.

- Ca²⁺ + Mg²⁺ (Cálcio + Magnésio): foram obtidos por meio de 10 cm³ de solo e 100 mL de KCL - cloreto de potássio. Após a agitação e o período de repouso proposto na metodologia adotada, foi retirada de 25 mL da amostra, alocada em copo descartável, 4 ml de coquetel (solução tampão de pH 10) e uma pitada do indicador negro de ericromo, para ação da titulação, com a solução de EDTA.

- Ca²⁺ (Cálcio): para sua determinação foi retirada de 25 mL da amostra, alocada em copo descartável, adicionada 3 ml da solução KOH a 10% e uma pitada do indicador de calcon, posteriormente foi realizada a titulação, com a solução de EDTA.

- Mg²⁺ (Magnésio): sua determinação deu-se através da diferença entre os resultados de Ca²⁺ + Mg²⁺ e Ca²⁺, por meio da seguinte fórmula ((Ca²⁺ + Mg²⁺) - Ca²⁺).

- MO (Matéria Orgânica): foi macerado 10 cm³ e passado em peneira de 80 mesh e pesado em balança de precisão 0,5 g da amostra, alocado em erlenmeyer de 250 mL, para adição de 10 mL de dicromato de potássio, seguido do aquecimento, em chapa, até o ponto de fervura. Uma vez resfriado, dentro da capela, foi adicionado ácido ortofosfórico (1 mL) e água destilada (80 mL), titulada com sulfato ferroso amoniacal 0,05 M.

- N (nitrogênio): deu-se pelo mesmo processo citado da MO, sendo que 0,5 g foi transferido para um tubo digestor, adicionado 2 mL ácido de sulfúrico, 1 mL de peróxido de hidrogênio e mistura digestora. Ao término os tubos foram alocados no bloco digestor a temperatura de 250 °C, durante 30 minutos e a 350 °C por 2 horas, após o resfriamento em capela foi quantificado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹.

- P (Fósforo): determinado utilizando 10 cm³ de solo e 100 mL da solução duplo-ácida (HCL 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M - Mehlich-1), a partir da retirada de 5 mL da amostra, alocada em copo descartável, 10 mL da solução ácida de molibdato (MoO⁴⁻) de amônio diluída e uma pitada de ácido ascórbico, para sua determinação por meio do espectrofotômetro UV – VIS, a 660 nm.

- Acidez potencial (H⁺ + Al³⁺): dada por 5 cm³ do solo 50 mL de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. Após agitação e repouso, estabelecido na metodologia adotada, foi retirado uma alíquota de 25 mL do líquido sobrenadante, na qual foram adicionadas três

gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 3 dag L⁻¹ e determinou-se a quantidade de H + Al por meio de titulação com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹.

Todas as variáveis supracitadas seguiram a metodologia descrita por Donagema et al. (2011), de posse dos respectivos valores, foi calculada a percentagem de sódio trocável (PST) (Equação 1).

$$PST = \frac{Na^+}{T} 100 \quad (1)$$

Em que:

PST = percentual de sódio trocável, %;

Na⁺ = concentração de sódio trocável, cmol_c dm⁻³ e;

T = capacidade de troca catiônica, cmol_c dm⁻³.

Os valores da capacidade de troca de cátion (CTC) foram calculados mediante a equação 2.

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{+2} + Na^+ + K^+ + (H^+ + Al^{+3}) \quad (2)$$

Em que:

CTC = capacidade de troca catiônica, cmol_c dm⁻³;

Ca²⁺ = cálcio, cmol_c dm⁻³;

Mg⁺² = magnésio, cmol_c dm⁻³;

Na⁺ = concentração de sódio trocável, cmol_c dm⁻³;

K⁺ = potássio, cmol_c dm⁻³;

H⁺ + Al⁺³ = acidez potencial, cmol_c dm⁻³.

No recorrente a saturação por bases, foi obtida por meio do somatório das bases trocáveis e expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions, afim de determinar as condições gerais de fertilidade do solo, dada pela Equação 3.

$$V = \frac{SB}{CTC} 100 \quad (3)$$

V = saturação por bases, %;

SB = soma de bases, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e;

CTC = capacidade de troca catiônica, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Já os micronutrientes, ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), foram obtidos pelo método de mehlich-1 modificado, por meio de 5 cm^3 de solo e 25 mL do extrator Mehlich-1 e determinados pela espectrofotometria de absorção atômica.

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados iniciais da caracterização química do solo, oriundo da unidade experimental localizada em Apodi/RN, antes da implantação do sistema de irrigação com diferentes concentrações salinas e cobertura (palha de arroz).

Tabela 7. Atributos químicos do solo da área experimental localizado na EMPARN no município de Apodi/RN.

Prof. (m)	pH H ₂ O	CE 1:2,5 dS m ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	T	P mg dm ⁻³	COT g dm ⁻³	V %	m	PST
			cmol _c kg ⁻¹												
(0,0-0,20)	5,99	0,11	4,50	2,80	0,59	0,07	0,00	2,18	7,96	7,96	0,37	13,8	79	0	1
(0,20-0,40)	6,80	0,12	5,90	2,70	0,48	0,08	0,00	1,28	9,15	9,15	0,64	6,80	88	0	1

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; COT – carbono orgânico total; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade de troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Os resultados referentes aos micronutrientes presentes antes da implantação do sistema de irrigação dotado de diferentes concentrações salinas e cobertura no solo, encontram-se descritos na Tabela 89.

Tabela 8. Micronutrientes do solo em estudo localizado na EMPARN no município de Apodi/RN.

Prof. (cm)	Cu	Mn	Fe	Zn
mg dm ⁻³				
0-20	0,59	12,7	5,9	0,25
20-40	0,93	38,5	5,2	0,52

Nota: Cobre (Cu), manganês (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn); cm – centímetro; mg dm⁻³ – miligrama por decímetro cúbico.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão verificando os efeitos dos níveis de salinidade, da aplicação da cobertura morta e sua interação, utilizando como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, o Programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.0 (Ribeiro Junior, 2001). Quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para as diferentes variáveis em estudo, elas foram comparadas pelo teste F, a 5% de probabilidade. Com os dados de salinidade, por se tratarem de variáveis quantitativas, procedeu-se a análise de regressão, onde se testou os coeficientes dos modelos com base no quadrado médio do resíduo da análise de variância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos do solo

Na Tabela 9, constam os resultados da análise de variância das variáveis nitrogênio (N), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por base (V), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e o fósforo (P), em função das cinco concentrações salinas (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 $dS\ m^{-1}$) e sob duas profundidades (0,00-0,20 e 0,20-0,40 m), sem e com adubação orgânica (palha de arroz).

Tabela 9. Resumo da análise de variância dos atributos químicos nitrogênio (N), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por base (V), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e o fósforo (P) em função das concentrações salinas, sob diferentes profundidades com cobertura morta, no esquema de parcelas subdivididas para a terceira coleta.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Estatística F						
		N mg kg^{-1}	CTC cmol _c kg^{-1}	V %	Mg^{2+}	Ca^{2+} cmol _c dm^{-3}	K^+	P mg kg^{-1}
BLOCO		1,26	2,53	2,62	1,36	1,92	0,35	0,71
SAL	4	2,07 ^{ns}	3,07*	2,63 ^{ns}	4,71**	2,01 ^{ns}	2,53 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Resíduo (a)	12	-	-	-	-	-	-	-
COB	1	13,79**	3,26 ^{ns}	1,87 ^{ns}	5,61*	16,23**	0,22 ^{ns}	2,41 ^{ns}
COB x SAL	4	1,31 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Resíduo (b)	15	-	-	-	-	-	-	-
PROF	1	48,81**	4,80*	21,20**	2,05 ^{ns}	18,03**	1,64 ^{ns}	1,90 ^{ns}
PROF x COB	1	1,73 ^{ns}	7,89**	2,52 ^{ns}	8,35**	0,52 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,55 ^{ns}
PROF x SAL	4	2,66 ^{ns}	1,46 ^{ns}	2,54 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,30 ^{ns}	4,57*	1,01 ^{ns}
PROF x COB x SAL	4	2,33 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Resíduo (c)	30	-	-	-	-	-	-	-
Média geral		0,68	10,64	65,11	3,24	4,50	93,51	2,54
CV parcela		21,31	18,75	5,32	37,55	22,22	3,70	26,99
CV ₂ subparcela		17,40	14,92	5,95	41,87	17,21	4,14	29,98
CV ₂ subsubparcela		16,64	9,79	5,69	43,52	18,51	20,65	21,21

Nota: N – nitrogênio; P – fósforo; Ca^{2+} – cálcio; Mg^{2+} – magnésio; K^+ – potássio; saturação por base (V); CTC – capacidade de troca catiônica potencial; SAL – salinidade da água de irrigação; COB – cobertura; PROF – profundidade; **, * e ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Ao avaliar a interação tripla, profundidade x cobertura do solo x níveis de salinidade, não foi constatado efeito significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F para nenhum dos atributos químicos analisados, assim como também para a interação cobertura do solo x níveis de salinidade. Já para a interação cobertura do solo x profundidade,

apenas os atributos CTC e magnésio foram significativos a 1% de probabilidade, diferentemente do potássio quando analisado em função da profundidade x salinidade que apresentou significância a 5% de probabilidade.

Ao analisar de forma isolada os fatores em estudo, verificou-se para os níveis de salinidade que os atributos CTC e Mg^{2+} foram alterados de forma significativa; enquanto que para o fator cobertura, os atributos N, Mg^{2+} e Ca^{2+} foram significativamente alterados. No fator profundidade, ocorreu mudança significativa para os valores de N, CTC, V e Ca^{2+} aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, enquanto as demais variáveis não apresentaram significância.

De acordo com Stanford & Smith (1972), o nitrogênio pode ser influenciado por diversos fatores, tais como temperatura, umidade e textura, bem como ao estoque de outros nutrientes presentes no solo. Na pesquisa em estudo, a cobertura morta foi o fator decisivo na fixação deste ao solo, respondendo de forma significativa a sua adição, fator possivelmente atrelado a utilização da cobertura morta (palha de arroz) como forma de fornecimento deste elemento para as plantas a partir de sua mineralização, tornando-o fator limitante ao aumento e/ou manutenção da produtividade de culturas em solos tropicais (Souza & Melo, 2010).

De acordo com Stallard & Edmond (1981) e Marrs et al. (1991), em solos de floresta primária são observadas concentrações extremamente baixas de cálcio e magnésio, fator este que interfere diretamente na ciclagem de outros nutrientes e, na taxa de mineralização do nitrogênio, exercendo influência na produtividade das culturas, uma vez que a incorporação destes ao solo vem da decomposição da matéria orgânica, fator este observado na pesquisa em estudo.

Neu (2005), constatou que o tipo de cobertura vegetal exerce influência na entrada de cálcio e magnésio no sistema solo. Entretanto, na ausência desta, a principal entrada destes elementos é dada por meio do intemperismo de silicatos e carbonatos. A respectiva autora ressaltou que a textura do solo influencia significativamente na dinâmica do cálcio e do magnésio, apresentando em solos argilosos, maior retenção destes na matriz do solo, enquanto que nos arenosos esta liberação ocorre com maior facilidade para a solução do solo. Nas camadas superficial e subsuperficial do solo em estudo, observou-se texturas franco argilo arenosa e argila arenosa, respectivamente, mudança observada em decorrência da translocação de argila entre as camadas, fator que favorece a retenção destes elementos ao solo.

De acordo com Zech et al. (1997), a adição de matéria orgânica ao solo auxilia na capacidade de retenção de água, bem como na elevação do nível de agregação do solo e capacidade de troca catiônica (CTC), evitando a sua lixiviação. Centurion et al., (2001), realizando pesquisas sobre o efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas, comprovaram que teores menores de matéria orgânica reduzem a CTC no solo.

Estudos realizados por Glória (1992), denotam que a CTC do solo é um dos atributos que melhor define sua fertilidade, oriunda principalmente do teor e qualidade das argilas e matéria orgânica presente no mesmo, ou seja, a matéria orgânica é responsável pela retenção dos nutrientes e na diminuição de perdas por lixiviação (Brady, 1989).

Em relação ao fósforo, não foi constatada significância, possivelmente em virtude da cobertura vegetal (casca de arroz) não ter se decomposto para sua incorporação ao solo. Kauffman et al. (1998), afirmam que a deficiência deste no solo, também, está fortemente relacionada com a cobertura vegetal.

Weber et al. (2017), afirmam que a casca de arroz possui, em sua composição, 20% de matéria inorgânica e 80% de matéria orgânica – composta por 50% de celulose, 26% de lignina e 4% de outros componentes como óleos e proteínas, fator este que dificulta sua decomposição, a qual dar-se em meio aeróbico na presença de fungos específicos. Quando disposta em condições anaeróbicas, como na compostagem, por exemplo, não ocorrerá decomposição, conforme observado no experimento em estudo.

No recorrente aos valores dos coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcelas para as variáveis nitrogênio, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, magnésio, cálcio, potássio e fósforo, se observou variação de 3,70 a 43,52%. Vanni (1998), estabeleceu parâmetros relacionados ao coeficiente de variação, classificando-o, quando superior a 35%, como pertencente a uma série heterogênea de dados, cujas médias apresentam pouco significado. No entanto, quando maiores que 65%, a série classifica-se com elevada heterogeneidade e, conseqüentemente, com média sem significância. Porém, quando o CV for inferior a 35%, a série é homogênea e a média tem significado e representatividade.

Na pesquisa em estudo, todas as variáveis N, CTC, V, Ca^{2+} , K^+ e P (Tabela 10), apresentaram-se de forma homogênea com significância para a média estudada, uma vez que o CV foi inferior a 35%. Enquanto o Mg^{2+} , não apresentou relevância quanto a heterogeneidade e a média com pouco significado, com valores superiores a 35%. Segundo

Cavalcante et al. (2007), quando o CV apresenta valores elevados para os atributos do solo, este fator dar-se provavelmente devido aos efeitos residuais de adubações, bem como a deposição dos resíduos culturais. Estudos realizados por Silva et al. (2003), confirmam que o CV pode apresentar alterações com o manejo do solo. Outro fator que pode ter contribuído, dar-se em função do magnésio ser determinado por diferença dentre duas medidas, acumulando, daí existem dois erros.

Está apresentado na Tabela 10, os valores médios dos atributos químicos do solo, sob duas profundidades e com presença de cobertura do solo, no esquema de parcelas subdivididas, com seus respectivos valores médios para as variáveis químicas do solo.

Tabela 10. Comparativo dos valores médios das variáveis percentual de sódio trocável (PST), nitrogênio (N), saturação por base (V), capacidade de troca catiônica (CTC), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e fósforo (P) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média, para a terceira coleta.

Fatores	Níveis	Variáveis										
		N	PST	CTC	V	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	P	CE	pH
		mg kg^{-1}	%	cmol_c kg^{-1}	%	----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----				mg kg^{-1}	dS m^{-1}	
COB	S/C	0,73 ^a	10,94a	10,96a	63,14a	4,18a	4,90a	0,68a	5,13a	2,59a	0,45a	4,57a
	C/C	0,63b	9,92b	10,32b	64,08b	2,30b	4,04b	0,51b	3,41b	2,49a	0,45a	4,45a
PROF (m)	0,0-0,2	0,77 ^a	11,28a	10,90a	67,02a	3,31a	4,96a	0,60a	4,781a	2,59a	0,48a	4,56a
	0,2-0,4	0,59b	9,56b	10,39b	63,20b	3,17a	3,97b	0,59a	4,28a	2,49a	0,42b	4,46a
SAL (dS m^{-1})	0,1	0,62	1,20	9,60	60,88	3,21	4,64	0,10	4,76	2,27	0,06	4,12
	2,5	0,68	7,53	11,20	66,19	2,77	4,11	0,43	4,57	2,65	0,30	4,57
	5,0	0,63	11,91	10,05	63,76	2,90	4,60	0,64	5,54	2,52	0,50	4,64
	7,5	0,74	15,21	11,78	68,30	3,34	4,54	0,88	3,97	2,41	0,69	4,52
	10,0	0,73	16,29	10,58	66,42	3,98	4,43	0,91	3,81	2,85	0,70	4,70

Nota: N – nitrogênio; P – fósforo; Ca^{2+} – cálcio; Mg^{2+} – magnésio; K^+ – potássio; Na^+ – sódio; saturação por base V; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; PST – porcentagem de sódio trocável; salinidade; SAL – salinidade da água de irrigação; cobertura – COB e profundidade – PROF. Médias com letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem estatisticamente ao nível de probabilidade de 5% pelo teste Tukey e análise de regressão.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Ao analisar o tratamento sem cobertura, não foi observada diferença estatística entre as variáveis estudadas (N, pH, CE, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , V, CTC e PST), enquanto que para a análise com cobertura, apenas o pH, P, e CE não mostraram divergência estatística entre si, variando, contudo, das demais supracitadas (Tabela 11).

Em relação ao tratamento para com a profundidade do solo (0,0-0,20 m), não foi constatada variação estatística dentre as variáveis em estudo, enquanto que para a de 0,20-0,40 m, tal fator desencadeou-se para os atributos N, PST, CTC, V, Ca² e CE que não diferiram estatisticamente entre si, variando assim das demais (Mg²⁺, K⁺, Na⁺, P e pH) (Tabela 10).

Na pesquisa em estudo, foi constatado que não houve resposta favorável a utilização da cobertura vegetal (casca de arroz). Quanto a disponibilização de nitrogênio ao solo, tal fator pode ser justificado em razão da mesma possuir elevada relação C/N, dificultando seu processo de mineralização e, conseqüente incorporação ao solo (Tabela 11).

O conteúdo de matéria orgânica presente no solo, reflete de forma positiva no índice de nitrogênio total, nutriente bastante requerido pelas culturas, que, quase que em sua totalidade (em mais de 90%), se encontra na forma orgânica, tornando inevitável a sua associação a disponibilidade para com a mesma. (Black, 1968; Cantarella et al., 2008; Chiodini et al., 2013).

Resposta semelhante foi observada para os atributos CTC, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, pH, CE e PST, os quais também diminuíram na presença da cobertura vegetal. A PST é que sofre influência na presença de condicionadores orgânicos, em especial os como fonte de cálcio e magnésio (Puttaswamygowda & Pratt, 1973). Costa et al. (2013), mencionam que variáveis como pH, CE e CTC estão condicionadas a matéria orgânica presente no solo. De acordo com estudos realizados por Costa & Sangakkara (2006), a matéria orgânica apresenta função de suma importância, no que tange o fornecimento de sítios de ligação para elementos essenciais presentes no solo, ato que contribui para o aumento da CTC no solo. Blanco-canqui & Lal (2009), constataram em estudos realizados em três classes de solos do estado de Ohio (EUA), que a CTC diminuiu drasticamente com a remoção de resíduos vegetais.

Santos et al. (2002), relatam que o aumento do pH do solo irá favorecer a CTC, através da disposição de cátions e, conseqüente número de cargas para a adsorção. Pavinato et al. (2009), ressalva que resíduos vegetais exercem influência direta na redução da acidez do solo e no aumento de pH, bem como na mobilidade de cátions básicos.

Pavinato & Rosolem (2008), apontaram que ao utilizar o plantio direto houve incremento de nutrientes, especialmente de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P nas camadas superficiais do solo, bem como no tecido das plantas cultivadas, fator este dado pela sua mineralização. Tiessen et al. (2001), faz menção a utilização da matéria orgânica como umas das principais fontes externas de entrada de nutrientes ao solo, técnica bastante difundida na região semiárida do Nordeste brasileiro, para o cultivo de subsistência. No recorrente a cobertura

morta utilizada na pesquisa (casca de arroz), por ser muito fibrosa, o tempo de avaliação se mostrou insuficiente para que houvesse sua decomposição e, conseqüente incorporação ao solo.

Para a saturação por bases do solo, observou-se seu incremento ao solo quando utilizada a cobertura morta (casca de arroz). Amaral et al. (2004), relatam que a saturação por bases do solo sofre influência direta da decomposição de resíduos vegetais que promovem a elevação do pH do solo na camada superficial, através da troca ou complexação dos íons H^+ e Al^{3+} , por Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (Tabela 11).

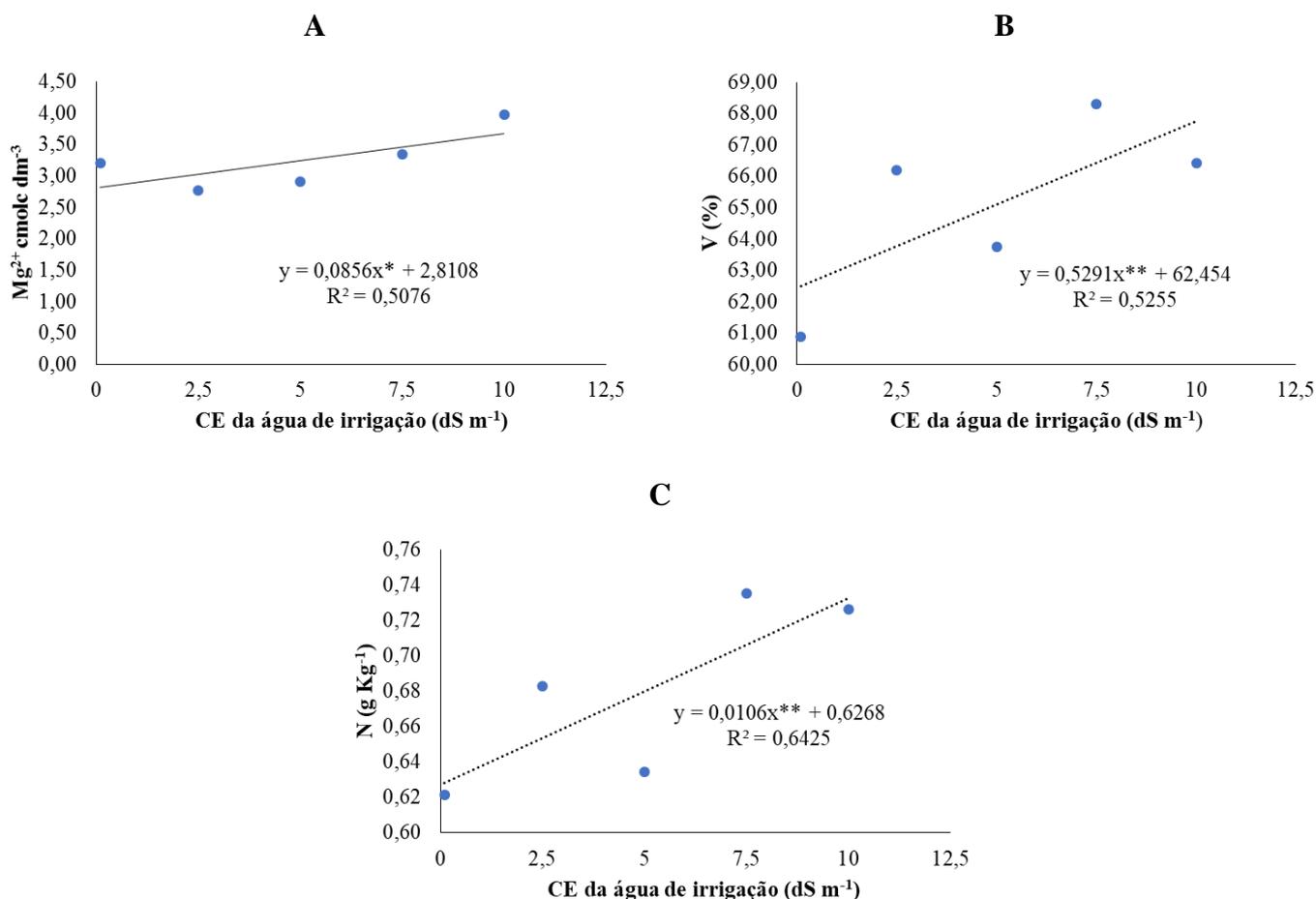
Silva (2000), menciona que a diminuição da matéria orgânica presente no solo, atrelada ao aumento da profundidade, afeta diretamente sua produtividade. No solo em estudo, foi constatada redução em profundidade para os atributos N, PST, CTC, V, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , P, CE e pH, fator este dado, possivelmente, em função da lâmina de irrigação utilizada (3,5 mm semanalmente) não ter sido suficiente para lixiviar estes para a subsuperfície do solo, bem como a evaporação que favoreceu sua concentração na superfície. Na pesquisa desenvolvida por Silva (2000), quanto a sobrevivência e crescimento de mudas de sabiá em podzólico vermelho-amarelo sob erosão simulada, se observou redução Ca^{2+} e Mg^{2+} em profundidade, podendo assim afetar a disponibilidade desses nutrientes ao sistema solo-planta.

Santos et al. (2013), estudando a dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso, constataram que ao avaliar as concentrações médias dos íons solúveis para o Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} e HCO_3^- ao longo do perfil do solo, as maiores concentrações desses íons, deram-se na superfície, ato decorrente do processo evaporativo, deixando estes sais nela precipitado.

4.2 Efeito da CE da água de irrigação em atributos químicos do solo

Na Figura 12, estão representados, graficamente, as variáveis referentes ao magnésio, saturação por bases e o nitrogênio do solo, em função da salinidade da água de irrigação utilizada (3,5 mm a cada sete dias), com concentrações salinas de 0,1; 2,5; 5,0; 7,5 e; 10 dS m^{-1} .

Figura 12. Magnésio, saturação por bases e o nitrogênio do solo em função da salinidade da água de irrigação (CE).



Nota: N – nitrogênio; Mg^{2+} – magnésio; saturação por base V e CE – condutividade elétrica da água de irrigação.
******, ***** Significativo a 1%, 5% pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Para efeito isolado de salinidade, o magnésio, saturação por bases e o nitrogênio apresentaram-se de forma significativa, com resposta linear ao nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo Teste F, para ambas as variáveis, com representações de R^2 correspondente a 0,5076, 0,5255 e 0,6425, respectivamente (Figura 8A, 8B e 8C). Enquanto que a variável saturação por bases, apresentou maior coeficiente angular, quando comparado as demais variáveis supracitadas, denotando em uma maior interferência de CE sobre o PST.

O incremento de sais quanto aos atributos magnésio, saturação por bases e o nitrogênio, pode estar relacionado ao incremento de alguns elementos, em especial ao sódio, que se encontram presentes na determinação da soma de bases e capacidade de troca catiônica, responsáveis por sua determinação.

Ribeiro et al. (1999), afirmam que a disponibilidade de cálcio e magnésio no solo, sofre influência direta do pH, uma vez que solos mais ácidos inibem tal fator. NSW (2010), em seus estudos, afirma que a acidez pode afetar a solubilidade do alumínio e manganês, podendo intervir no crescimento da planta. Para tanto, teores de magnésio entre 0,4 a 0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, é considerado como médio para o solo. Nesta perspectiva, os valores médios (2,77 a 3,98 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) encontrados na referida pesquisa podem ser tidos como altos, e explicados em função do solo ser ainda jovem bem como das condições climáticas da região e material de origem.

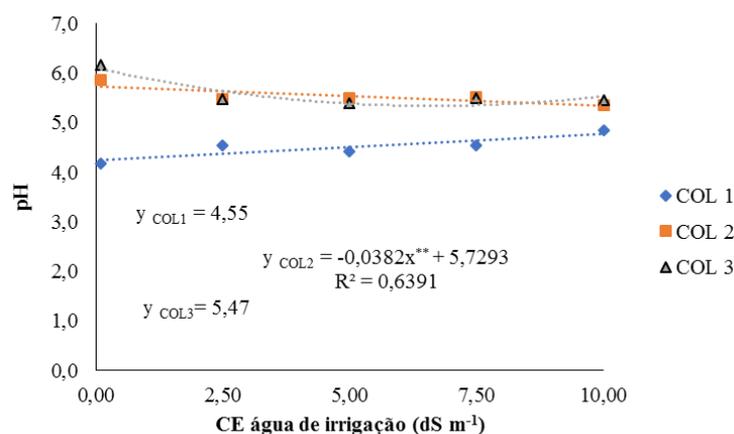
No recorrente a saturação por bases, como mencionado anteriormente, foi constatado incremento deste ao solo. Alloway (1990), relata que a diminuição da saturação por bases dar-se em função do decréscimo do pH do solo, haja visto que os íons H^+ e Al^{+3} , são responsáveis pela acidez, substituindo as bases K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} na fase lábil. Outro fator a ser observado, diz respeito à produção de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica (Moraes, 1991).

De acordo com o SBCS (2004), solos com pH acima de 6 devem apresentar saturação por bases (V) superior a 80 %, enquanto que a saturação por alumínio, valores baixos. Tais valores confirmam o que foi determinado na pesquisa em estudo, onde V variou de 63,04 a 69,8%, sendo que o valor médio do pH se mostrou inferior a 6. O solo apresenta, ainda, caráter eutrófico, conforme o SBCS, em virtude de $V > 50\%$, bem como a quase inexistência de alumínio, fator este considerado como positivo, uma vez que sua presença no solo, mesmo em baixas concentrações, pode inibir o desenvolvimento do sistema radicular (Ma et al., 2001).

O nitrogênio, essencial ao desenvolvimento das culturas, é um elemento extremamente dinâmico que sofre influência direta das condições de clima e granulometria, onde solos arenosos irão promover sua lixiviação. Pesquisas realizadas por NSW (2010), acerca das concentrações de nitrogênio presentes no solo, demonstram uma faixa de variação entre 0,0012 a 0,0045 g kg^{-1} . Porém, se faz necessária uma investigação quanto a sua textura. O mesmo ressalva, ainda, a importância de sua quantificação, uma vez que, através deste, se pode determinar o balanço de nutrientes, bem como sua disponibilidade para as culturas.

Na Figura 13, encontra-se representado graficamente o pH do solo em estudo, em função das diferentes concentrações salinas.

Figura 13. Potencial hidrogeniônico (pH) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CE) em solo com e sem cobertura da palha de arroz para as três épocas de coleta.



Nota: pH – potencial Hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica da água de irrigação; COL – épocas de coleta; **, * Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Nas épocas de coleta 1 e 3 não houve efeito significativo da CE da água de irrigação no pH do solo. Enquanto que na coleta 2, houve efeito linear entre as variáveis CE e pH, denotando em um coeficiente angular negativo (Figura 90). De acordo com Alloway (1990), esta variável exerce influência no comportamento e disponibilidade dos elementos no solo, dos quais a presença do alumínio trocável é um indicativo de solos ácidos, com variações de pH de 4 a 5 (Sobral et al., 2015).

Os referidos autores, ainda, relatam que valores de pH nas faixas de 5,2 a 5,3 repercutem na presença de alumínio trocável quase que em totalidade insolubilizada, não oferecendo danos as culturas, sendo pH 7 sua neutralidade, valor este bastante comum em solos calcários, com variação de 7 a 8. Quando próximo de 9, indica a presença de sódio tornando-se tóxico às culturas. Neste sentido, pode-se aferir que o pH do solo em estudo não apresenta risco ao sistema radicular da palma forrageira IPA Sertânia, haja visto que a média do mesmo se encontra dentro da faixa supracitada (4,55; 5,49 e 5,47, respectivamente) nas três no período de estudo.

Segundo Fireman & Wadleigh (1951), quando o pH do solo se apresenta inferior a 7, seguramente o solo detém uma quantidade considerável de hidrogênio trocável (H⁺). Para tanto, o teor de bicarbonato (HCO₃⁻) presente na água de irrigação, não foi suficiente para alcalinizar o solo devido ser muito baixo.

Vale salientar que a alteração do pH, exerce influência na solubilidade dos elementos essenciais e tóxicos existentes no solo, bem como no comprometimento de seus microrganismos (Chaves et al., 2006). Estudos realizados por Sobral et al. (2015), avaliando as alterações químicas em Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas,

constaram que o pH do solo aumentou em função do aumento da salinidade da água de irrigação até o nível de 4,17 dS m⁻¹.

4.3 Atributos de salinidade do solo

Na Tabela 11 constam os resultados da análise de variância do potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e, matéria orgânica (MO), obtidas por meio de esquemas de parcelas subdivididas, através de diferentes profundidades com adubação orgânica e cinco concentrações salinas.

Tabela 11. Resumo da análise de variância das variáveis de salinidade incluindo o potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e a matéria orgânica (MO) em função das concentrações salinas, com coberturas de solo e época de coleta para a profundidade de 0,00-0,20m.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Estatística F				
		pH	CE 1:2,5 dS m ⁻¹	Na ⁺ cmol _c kg ⁻¹	PST %	MO g kg ⁻¹
BLOCO	3	0,85	1,10	1,78	1,44	1,64
SAL	4	1,00 ^{ns}	66,30 ^{**}	48,80 ^{**}	68,39 ^{**}	3,09 [*]
Resíduo (a)	12	-	-	-	-	-
COB	1	3,42 ^{ns}	6,75 [*]	3,35 ^{ns}	11,18 ^{**}	7,96 ^{**}
COB x SAL	4	0,43 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,49 [*]
Resíduo (b)	15	-	-	-	-	-
ÉPOCA	2	42,40 ^{**}	58,48 ^{**}	36,29 ^{**}	31,50 ^{**}	143,94 ^{**}
ÉPOCA x COB	2	0,25 ^{ns}	2,99 ^{ns}	3,79 [*]	18,07 ^{**}	3,97 [*]
ÉPOCA x SAL	8	2,28 [*]	8,23 ^{**}	11,58 ^{**}	9,79 ^{**}	2,32 [*]
ÉPOCA x COB x SAL	8	0,32 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,50 ^{ns}	2,97 ^{**}	3,04 ^{**}
Resíduo (c)	60	-	-	-	-	-
Média geral		4,96	0,33	190,82	7,96	12,83
CV parcela		9,24	30,30	45,64	36,67	17,79
CV subparcela		11,04	30,30	24,44	25,28	19,11
CV subsubparcela		9,04	31,50	26,94	23,64	19,61

Nota: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e a matéria orgânica (MO); SAL – salinidade; COB – cobertura; **, * e ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na profundidade de 0,0-0,20m, foi observada interação tripla para as variáveis PST e MO ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. Na interação época x níveis de salinidade adotados na pesquisa, todas as variáveis apresentaram-se de forma significativa aos níveis de 1 e 5% de probabilidade; enquanto que para a época x cobertura, apenas o pH

e a CE não foram significativas e; para a interação cobertura x salinidade, apenas a matéria orgânica apresentou efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 12).

Ao avaliar de forma isolada os níveis de salinidade, foi constatado efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para as variáveis CE 1:2,5, Na⁺, PST e MO, porém o pH não apresentou significância. Quando avaliadas as variáveis sob efeito da cobertura, apenas o sódio e o pH não foram significativos. Enquanto isso, para o fator época todas as variáveis foram significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Quanto ao fator isolado níveis de salinidade, o Na⁺ foi alterado de forma significativa, em função do teor de sais da água de irrigação que foram sorvidos na CTC da argilas do solo. Sertão (2005), relatou que o excesso de sais é decorrente, principalmente, da interação eletroquímica entre os sais e a argila. De acordo com D'Almeida et al. (2005), os sais no solo promovem alterações tanto nas propriedades físicas quanto químicas do mesmo. Em relação a química, o aumento das concentrações de sais e sódio trocável, favorece a redução de sua fertilidade, bem como a desertificação em um longo intervalo de tempo. No recorrente a física, tende a provocar a sua desestruturação, aumento da densidade e redução das taxas de infiltração de água (Rhoades et al., 2000).

Segundo Távora et al. (2001), a presença deste elemento no solo em excesso provoca a dispersão da argila, acarretando o adensamento das camadas do solo, não favorecendo o crescimento, respiração, expansão radicular, bem como a absorção de água e fixação de CO₂ pela planta.

Fator semelhante foi observado no percentual de sódio trocável, o qual respondeu significativamente, em função do teor de sais da água de irrigação, principalmente os tratamentos com maior concentração de sais, apresentando valores mais elevados de PST. Porém, o solo em estudo, ainda, se enquadra como normal, segundo a classificação de Richards (1954), que apresentou parâmetros como a CE (0,06 e 1,07 dS m⁻¹), PST (0,76 e 15%) e o pH (3,83 e 6,11) do solo, variando de normal a sódicos (Anexo A). Considerando que a CEes seja 6 vezes a CE 1:2,5, o uso de águas de CE de 7,5 e 10 dS m⁻¹ proporcionaram CEes > 4,20.

Quanto a PST, descontando o sódio solúvel presente no solo a real PST irá ser um pouco menor dos valores apresentados na Tabela 12. Miranda et al. (2008) e Smith et al. (2009), relatam que problemas oriundos do elevado percentual de sódio trocável (PST), acarretam o selamento superficial e a formação de camadas impermeáveis em subsuperfície, interferindo negativamente nas propriedades físico-hídricas, bem como deixando os solos mais susceptíveis aos processos erosivos.

A condutividade elétrica apresentou significância tanto para o fator isolado níveis de salinidade, quanto cobertura. Corwin & Lesch (2005), relatam que a condutividade elétrica do solo é utilizada como indicador no monitoramento de características do solo, tais como salinidade, textura, umidade, densidade, matéria orgânica e derivados, CTC, lixiviação, entre outras. Uma das principais formas de incremento de sais ao solo está no manejo inadequado da irrigação, utilizando águas com elevados teores de sais, onde a adubação equilibrada, tende a reduzi-la.

Mendes et al. (2008), mencionam que os elevados teores de condutividade elétrica no solo, dar-se pelas altas concentrações de sais, ato que contribui para restringir a absorção de nutrientes, interferindo diretamente no desenvolvimento das plantas, bem como na elevação do potencial osmótico, dificultando a absorção de água pelas mesmas (Santos et al., 2009; Gonçalves et al., 2011).

Para o pH e matéria orgânica do solo, na profundidade de 0,0-0,20m, se obteve valores para os coeficientes de variação (CV) da parcela, subparcela e subsubparcelas variando de 9,04 a 19,61% em experimentos de campo, cuja classificação de Pimentel Gomes (200), determina que estes, ao variarem de 10 a 20%, enquadram-se na precisão média, ou seja, o experimento tem boa precisão nos dados apresentados. Enquanto que as demais variáveis CE, Na⁺ e PST apresentaram valores de CV acima de 30%, sendo considerados como muito altos e apresentando dispersão dos dados muito elevada (Anexo A). Contudo, vale salientar que esta variação no CV em solos é tida como comum, em virtude de sua não homogeneidade (Tavares Filho & Ribon, 2008), pois de acordo com Costa et al. (2008), os atributos do solo apresentam variabilidades distintas e esses limites podem não se expressar adequadamente ao atributo.

Na Tabela 12, encontram-se os valores correspondentes a profundidade de 0,20-0,40m para as variáveis potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e a matéria orgânica (MO), em função das cinco concentrações salinas, uso de cobertura de solo e três épocas de coleta.

Tabela 12. Resumo da análise de variância das variáveis químicas potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e a

matéria orgânica (MO) em função das concentrações salinas, sob duas profundidades com adubação morta, no esquema de parcelas subdivididas para a camada de 0,20-0,40m.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Estatística F				
		pH	CE 1:2,5 dS m ⁻¹	Na ⁺ cmol _c dm ⁻³	PST %	MO g kg ⁻¹
BLOCO	3	4,37	1,11	1,85	0,41	2,00
SAL	4	0,46 ^{ns}	28,08**	65,51**	84,87**	10,72**
Resíduo (a)	12	-	-	-	-	-
COB	1	3,24 ^{ns}	8,35**	4,88*	2,74 ^{ns}	11,73**
COB x SAL	4	1,18 ^{ns}	2,16 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,76 ^{ns}	4,09**
Resíduo (b)	15	-	-	-	-	-
ÉPOCA	2	94,97**	168,17**	112,00**	113,54**	175,92**
ÉPOCA x COB	2	0,91 ^{ns}	21,20**	2,21 ^{ns}	12,22**	5,86**
ÉPOCA x SAL	8	2,00 ^{ns}	16,49**	15,75**	11,86**	2,57*
ÉPOCA x COB x SAL	8	0,41 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,58 ^{ns}	3,67**
Resíduo (c)	60	-	-	-	-	-
Média geral		5,09	0,36	208,00	8,05	11,01
CV parcela		7,61	52,70	39,96	33,63	23,79
CV subparcela		7,61	46,48	28,90	21,44	18,45
CV subsubparcela		7,42	23,35	22,10	21,33	29,60

Nota: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST) e a matéria orgânica (MO); SAL – salinidade da água de irrigação; COB – cobertura; COLE – coleta; **, * e ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

No recorrente a profundidade de 0,20-0,40m, observou-se interação tripla apenas para a MO ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. Ao analisar de forma conjunta época x níveis de salinidade adotados na pesquisa, todas as variáveis apresentaram-se de forma significativa ao nível de 1% de probabilidade, exceto o potencial hidrogeniônico; enquanto que para a época x cobertura do solo, em termos de significância, apenas o potencial hidrogeniônico e o sódio não foram significativos e; para a interação cobertura x salinidade, apenas a matéria orgânica apresentou efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 12).

Quando observada a significância das variáveis em estudo de forma isolada para os níveis de salinidade, efeito significativo foi constatado ao nível de 1% de probabilidade para as variáveis condutividade elétrica, sódio, percentual de sódio trocável e matéria orgânica, com exceção do pH que foi não significativo. Em relação a época de coleta, todas as variáveis apresentaram efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 13).

O pH do solo apresentou valores para os coeficientes de variação (CV) da parcela, subparcela e subsubparcelas de 7,61; 7,61; e 7,42%, respectivamente, em experimentos de campo. De acordo com a classificação de Pimentel Gomes (2000), quando o CV for inferior a 10%, considera-se o mesmo como baixo, ou seja, que o experimento apresenta alta

precisão. Enquanto as demais variáveis CE, Na⁺, PST apresentaram valores de CV acima de 30% sendo estes considerados muito altos e com dispersão dos dados muito elevada. Para a MO, foi verificada classificação com alta dispersão dos dados.

Como mencionado anteriormente pelos autores Tavares Filho & Ribon (2008) e Costa et al. (2008), a variabilidade do CV é admissível para solos em função de sua heterogeneidade.

4.4 Valores médios para os atributos de salinidade do solo

Na Tabela 13, encontram-se representados os valores médios dos atributos de salinidade do solo, sob duas profundidades e com presença de cobertura do solo.

Tabela 13. Comparativo dos valores médios das variáveis potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sódio (Na⁺), percentual de sódio trocável (PST), em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica.

Fator	Níveis	Variáveis			
		pH	PST %	Na ⁺ cmol _c dm ⁻³	CE
COB	S/C	4,57	10,94	0,68	0,45
	C/C	4,45	9,92	0,51	0,45
PROF (m)	0,0-0,20	4,56	11,28	0,60	0,48
	0,2-0,40	4,46	9,56	0,59	0,42
SAL (dS m ⁻¹)	0,1	4,12	1,20	0,11	0,06
	2,5	4,57	7,53	0,81	0,30
	5,0	4,64	11,91	1,22	0,50
	7,5	4,52	15,21	1,74	0,69
	10,0	4,69	16,29	1,79	0,70

Nota: Na⁺ – sódio; PST – porcentagem de sódio trocável; salinidade; potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE); SAL – salinidade da água de irrigação. Médias com letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem estatisticamente ao nível de probabilidade de 5% pelo Teste F e análise de regressão.

Fonte: Compilação da autora (2017).

Ao analisar as concentrações salinas utilizadas na água de irrigação para a CE de 0,1 dS m⁻¹, ou seja, a água proveniente do poço, foi observado menores concentrações da pH, CE, PST e Na⁺, bem como ao aumentar a condutividade elétrica da água de irrigação estas tenderam a aumentar. Ao comparar o tratamento com a água do poço e a máxima concentração de sais para a CE, foi constatado incremento de 91,43%. Enquanto isso, comparando as concentrações utilizadas com a máxima foram observados os seguintes

incrementos 57,14; 28,57 e 1,43%, respectivamente. Quanto aos tratamentos com e sem cobertura para a referida variável não foi observado incremento ou redução da mesma. No recorrente a profundidade, foi observado maior incremento desta na camada superficial, tal fator pode ser justificado pelas elevadas evaporações e baixas precipitações, bem como a irrigação utilizada não ter sido suficiente para lixiviar estes sais para as camadas subsuperficiais.

Para o pH, PST e Na⁺, também houve incremento com a utilização das diferentes concentrações salinas dentre a CE de 0,1 e 10,0 dS m⁻¹ de 12,15; 92,63 e 93,85, respectivamente. Enquanto que a variação entre os tratamentos foi de 2,56; 53,78; 54,75; 1,07; 26,89; 31,84; 3,62; 6,63 e 2,79%, respectivamente. Para os tratamentos com e sem cobertura do solo, para as variáveis supracitadas observou-se que o tratamento sem cobertura apresentou valores mais elevado. Para as duas profundidades avaliadas apenas a camada superficial apresentou valores mais elevados.

Kovda (1973), relata que problemas decorrentes do aumento das concentrações de sais e sódio trocável, oriundos do processo irrigação, mesmo usando água de boa qualidade, quando não manejada de forma adequada, irá comprometer as características físicas, químicas e hidrológicas do solo, fator este bem mais intensificado em regiões que apresentam baixa precipitação pluviométrica e elevadas evaporações. De acordo com Vasconcelos (2014), o acúmulo de sais no solo, influencia diretamente em suas características físicas e propriedades químicas, exercendo influência direta no pH e na disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais ao solo.

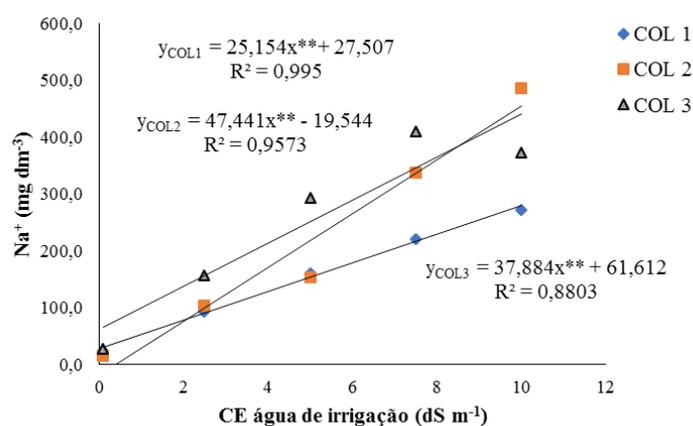
Segundo Ribeiro (2010b), o acúmulo de sais solúveis no solo, quando este não apresenta boas condições de drenagem, atrelado a baixa precipitação pluviométrica e elevada evapotranspiração, acarreta em seu comprometimento. Quando o sódio encontra-se presente em quantidades expressivas na solução do solo, pode vir a acarretar em áreas salinizadas, bem como em sua sodificação.

Quando o solo apresenta-se sódico, sua PST encontrasse acima de 15%, sendo este mais susceptível ao selamento superficial e, conseqüentemente mais favorável a erosão hídrica (Richards, 1954; Albuquerque et al., 2002). De acordo com Ribeiro (2010), a mesma sofre em função da qualidade da irrigação, do tipo de mineral de argila predominante e, do grau de salinidade do solo.

4.5 Efeito da CE da água de irrigação em atributos de salinidade do solo

Na Figura 14, está representado, graficamente, o sódio em função das diferentes concentrações salinas, para as três épocas de coleta do solo realizadas ao longo do período experimental.

Figura 14. Sódio em função os níveis de salinidade da água de irrigação (CE) em solo com e sem cobertura de solo, palha de arroz, nas três épocas da coleta do solo em estudo.



Nota: Na⁺ - sódio; CE – condutividade elétrica da água de irrigação; COL – épocas de coleta; **, * Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Comparando os coeficientes angulares das equações obtidas nas três épocas de coleta, evidenciou-se que todos foram positivos e que na coleta 2 houve maior interferência de CE sobre o sódio, provavelmente em virtude das menores precipitações pluviométricas no período em estudo. Verificou-se que o incremento de sais pela água de irrigação, aumentou a concentração de sódio no solo. Nas três épocas de coleta, houve efeito linear entre as variáveis Na⁺ e CE, tendo coeficientes de determinação variando de 0,88 a 0,95.

O período da coleta também foi influenciado, havendo um incremento deste ao solo de 38,92%, quando comparada a primeira com a última coleta, fator este que pode causar sérios danos a estrutura do solo. O efeito do excesso de sódio ao solo é bastante danoso, sendo este mais intensificado quando sua PST for alta, prejudicando tanto o solo quanto as culturas, caso ainda não observado na presente pesquisa (Ferreira et al., 2010).

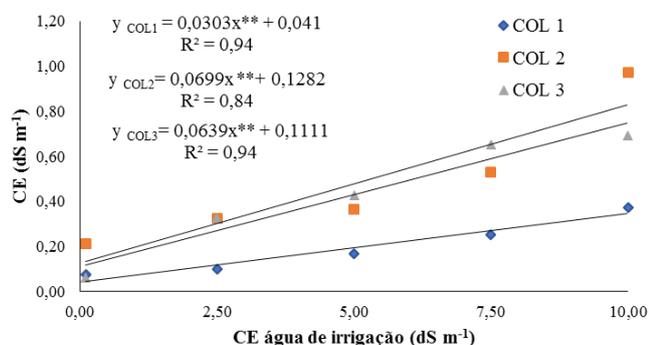
Observa-se que quanto maior a concentração de sais presentes na água de irrigação, maior será a quantidade de sódio presente no solo. Em pesquisa realizada por Santana et al. (2003), em relação ao efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro, constataram que a salinidade em proporções altas elevou o teor de sódio trocável

no solo. O mesmo foi detectado por Lima et al. (2007), ao avaliar a influência da água salina nas características físico-químicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira.

Keren et al. (1988), notaram que o sódio presente no solo em elevadas concentrações, favorece a dispersão das argilas e aumenta a viscosidade da água, fatores estes que ao agirem conjuntamente, contribuem para a redução da condutividade hidráulica e permeabilidade do solo. Outro fator atrelado ao sódio, diz respeito ao não favorecimento de suas condições físicas, reduzindo assim o crescimento vegetal e provocando distúrbios nutricionais (USSL staff, 1954; Ribeiro, 2010). Segundo Tomé Júnior (1997), o excesso de sais na zona radicular irá prejudicar sua germinação, desenvolvimento e produtividade, haja visto que quanto maior a concentração de sódio, maior será o dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico), prejudicando assim seus processos metabólicos essenciais.

Na Figura 15, encontra-se representado a condutividade elétrica em relação as águas de irrigação acrescidas de sais, no solo com e sem cobertura morta (palha de arroz), para as três épocas de coleta realizadas.

Figura 15. Condutividade elétrica em função da salinidade da água de irrigação (CE), para as três coletas de solo, com e sem cobertura morta (palha de arroz), para as três épocas de coleta realizadas.



Nota: Na⁺ - sódio; CE – condutividade elétrica da água de irrigação; COL – épocas de coleta; **, * Significativo a 1 e 5% pelo teste F.
Fonte: Compilação da Autora (2017).

Ao analisar as três épocas de coleta, notou-se que o coeficiente angular da equação linear foi maior na época 2, indicando maior efeito da CE no incremento da CE 1:2,5 do solo. Analisando a interação dos fatores coleta e cobertura, foi observada significância com resposta linear para a variável condutividade 1:2,5 do solo, para as três épocas coletas em estudo (COL1, COL2 e COL3) (Figura 12), com valores para o R² de 0,94; 0,84 e 0,94,

respectivamente, para com as águas acrescidas de sais, cujas concentrações foram de 0,1; 2,5, 5,0; 7,5 e 10,0 dS m⁻¹.

Como observado na Figura 13, a condutividade elétrica 1:2,5 do solo aumentou em função das concentrações salinas utilizadas, este fator está atrelado a maior concentração de sais presente nas águas. Para o incremento de sais ao solo, comparando a primeira coleta com a última na maior CE de 10 dS m⁻¹, foi constatado acréscimo de 45,87%. Para a água de 0,1 dS m⁻¹, não houve incremento deste ao solo, enquanto que para as demais CE 1:2,5 (2,5; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) foi verificado aumento de 69,64; 61,24 e 61,32%, respectivamente. Contudo, ao comparar a segunda e a terceira coleta foi observado incremento significativo da CE no incremento da CE 1:2,5 do solo.

Estudos realizados por Lima et al. (2007), em relação a influência da água salina nas características físico-químicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, constataram que a CE estimada no extrato de saturação do solo aumentou em função da elevação de sua salinidade. Resultados semelhantes foram encontrados na pesquisa de Santana et al. (2003), avaliando o efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro. Gervásio et al. (2000), também encontraram níveis elevados de sais no extrato do solo com o aumento da condutividade elétrica da água, utilizando a cultura do alface-americana, irrigado sob diferentes níveis de água acrescida de sais.

Kovda et al. (1973), constataram em sua pesquisa que a aplicação de água salina em um solo que não apresente problemas de salinidade, tende a torná-lo salino. Para tanto, aplicando-se águas acrescidas de sais, tem-se uma tendência de que a CE da solução do solo aumente com o acréscimo da salinidade da água. Segundo Rhoades (1972), toda a água de irrigação detém um percentual de sais solúveis, mesmo que em condições naturais. No recorrente as águas para fins de irrigação, as mesmas podem conter de 0,1 a 4,0 toneladas de sais por mil metros cúbicos que, ao serem disponibilizadas ao solo, anualmente, numa faixa de 10 a 15 mil metros cúbicos por hectare, aportam cerca de 1,0 a 60,0 toneladas de sal por hectare.

Na Figura 16, está representado o percentual de sódio trocável em função das cinco concentrações salinas da água de irrigação, para a interação tripla entre a coleta, cobertura e água acrescida de sais.

Figura 16. Percentual de sódio trocável em função da salinidade da água de irrigação (CE), em um solo com e sem cobertura de palha de arroz nas três épocas de coleta de solo realizadas no período experimental.

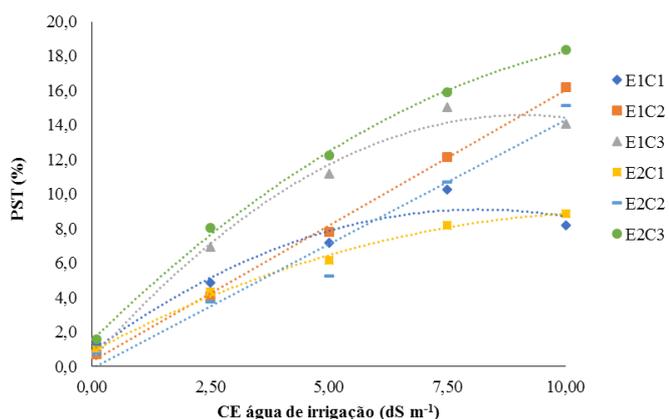


Tabela 14. Equação de regressão ajustadas das variáveis PST e CE.

Variáveis	Equações	R ²
E1C1	$y=-0,1235x^{2**}+2,018x+0,625$	0,900
E1C2	$y=1,5722x^{**}+0,2902$	0,998
E1C3	$y=-0,171x^{2**}+3,1127x+0,4097$	0,990
E2C1	$y=-0,0633x^{2**}+1,4313x+0,8861$	0,995
E2C2	$y=1,4426x^{**}-0,1295$	0,965
E2C3	$y=-0,103x^{2**}+2,7059x+1,5069$	0,998

Nota: PST- percentual de sódio trocável; CE – condutividade elétrica da água de irrigação; COL – épocas de coleta; **, * Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Em relação ao percentual de sódio trocável do solo (Figura 15), o tratamento sem cobertura para a segunda coleta, apresentou resposta linear, sendo que o maior coeficiente angular deu-se na segunda época de coleta com o tratamento sem cobertura, bem como o com cobertura para a referida coleta, ou seja, pode-se observar que quanto mais elevadas as concentrações de sais na água, maior é a PST do solo, sendo que o tratamento sem cobertura apresentou-se superior ao com cobertura, com valor médio de incremento de 32,56%. Para o tratamento sem cobertura na primeira coleta, foi observada resposta significativa de forma quadrática com R² de 0,90, com ponto máximo de 8,87, ou seja, nesse ponto foi onde ocorreu a máxima concentração de sais para a máxima PST do solo, totalizando um incremento de 90,64% deste ao solo. Para o mesmo tratamento na terceira coleta, seu incremento foi de 92,09% com ponto máximo de 9,01 ao solo.

No recorrente aos tratamentos com cobertura (E2C1 e E2C3), foi constatado que a máxima condutividade elétrica acarretou na elevação da PST do solo, com incrementos de 90,93 e 86,53%, respectivamente.

Richards (1954), descreve que as alterações oriundas da estrutura dos solos ocorrem quando a PST foi superior a 15%. Enquanto isso, Albuquerque et al. (2002), enfatizam que solos que apresentam PST elevadas, são mais susceptíveis ao selamento superficial, bem como a erosão hídrica. Ribeiro (2010), afirma que o valor de 15% da PST, varia em função da qualidade da irrigação, bem como do tipo de mineral de argila predominante no solo e, do grau de salinidade já existente no solo.

De acordo com Holanda et al. (2001), diversos são os problemas oriundos da salinidade dos solos em cultivos irrigados, sendo necessária a verificação das alterações químicas através de análises que indiquem uma eventual elevação da PST, variável diretamente relacionada a quantidade de sais. Segundo Bernert et al. (2015), a PST encontra-se relacionada com a quantidade de sais dissolvidos na água, bem como os que se encontram presentes na solução do solo. Porém, vale salientar que o uso de fertilizantes ricos em sais, aumentam consideravelmente a presença destes no solo.

4.6 Valores médios das características químicas para as três coletas de solo

Na Tabela 15, encontram-se as médias das variáveis, fósforo (P), saturação por base (V), CTC efetiva (t), cálcio (Ca^+), sódio (Na^+) e potencial hidrogeniônico (pH) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média.

Tabela 15. Valores médios para a primeira, segunda e terceira coleta das variáveis, fósforo (P), saturação por base (V), capacidade de troca catiônica (CTC), cálcio (Ca^+), sódio (Na^+) e potencial Hidrogeniônico (pH) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica.

Fatores	Variáveis									
	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	V	N	MO	pH

		mg kg ⁻¹	-----cmol _c kg ⁻¹ -----					%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
PRIMEIRA COLETA											
COB	S/C	2,39	4,25	0,46	4,45	3,21	9,88	87,82	0,46	17,22	5,58
	C/C	2,69	4,80	0,73	4,49	3,27	10,86	83,57	0,45	16,50	5,50
PROF. (m)	P 0,0-0,20	2,54	5,11	0,34	4,44	2,98	10,12	83,14	0,44	17,84	5,61
	P 0,20-0,40	2,54	3,94	0,84	4,50	3,51	10,61	88,25	0,47	15,87	5,46
SAL (dS m ⁻¹)	0,1	2,31	4,67	0,52	4,74	2,80	10,28	84,04	0,41	16,44	5,77
	2,5	2,44	3,60	0,45	3,81	3,46	9,65	84,91	0,43	16,47	5,50
	5	2,52	4,85	0,60	4,48	3,25	10,05	89,01	0,53	17,47	5,40
	7,5	2,74	4,04	0,66	4,84	3,28	10,74	86,45	0,40	16,98	5,62
	10	2,69	5,48	0,73	4,48	3,41	11,11	84,07	0,50	16,93	5,41
SEGUNDA COLETA											
COB	S/C	1,34	3,40	0,74	4,62	2,49	10,87	74,80	0,68	9,61	5,01
	C/C	1,80	3,69	1,16	4,80	2,63	11,61	77,64	0,65	10,58	5,06
PROF. (m)	P 0,0-0,20	1,50	3,79	0,32	4,88	2,53	10,75	76,08	0,67	9,64	5,06
	P 0,20-0,40	1,64	3,30	1,57	4,54	2,59	11,74	76,37	0,66	10,55	5,01
SAL (dS m ⁻¹)	0,1	1,39	3,89	0,66	4,88	2,29	10,79	75,59	0,68	9,00	5,05
	2,5	1,44	3,23	1,09	4,52	2,45	10,74	77,06	0,68	10,32	5,21
	5	1,67	3,89	0,94	5,28	2,69	12,14	76,07	0,72	12,42	4,99
	7,5	1,99	3,06	0,98	4,82	2,50	11,18	76,52	0,64	8,41	5,03
	10	1,35	3,66	1,07	4,06	2,88	11,37	75,87	0,63	10,32	4,90
TERCEIRA COLETA											
COB	S/C	2,59	5,13	0,68	4,04	2,30	10,96	66,14	0,63	8,40	4,57
	C/C	2,49	3,93	0,51	4,90	4,18	10,32	64,08	0,73	9,95	4,45
PROF. (m)	P 0,0-0,20	2,59	4,78	0,60	3,98	3,31	10,39	63,20	0,77	9,97	4,56
	P 0,20-0,40	2,49	4,28	0,59	4,96	3,17	10,90	67,02	0,59	8,38	4,46
SAL (dS m ⁻¹)	0,1	2,27	4,76	0,10	4,65	3,21	9,60	60,88	0,62	8,15	4,12
	2,5	2,65	4,57	0,43	4,12	2,77	11,20	66,19	0,68	11,48	4,57
	5	2,52	5,54	0,64	4,61	2,91	10,05	63,76	0,63	8,21	4,64
	7,5	2,41	3,97	0,88	4,54	3,34	11,78	68,30	0,74	8,12	4,52
	10	2,85	3,81	0,91	4,43	3,98	10,58	66,42	0,73	9,92	4,69

Nota: N – nitrogênio; pH – potencial hidrogeniônico; P – fósforo; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; saturação por base (V); CTC – capacidade de troca catiônica potencial; SAL – salinidade; COB – cobertura e PROF – profundidade.

** , * e ns Significativo a 1%, 5% e não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Ao comparar os valores médios da primeira com a última coleta para as variáveis potássio, sódio e capacidade de troca catiônica, quanto ao fator cobertura, pode-se aferir que o tratamento sem cobertura houve redução de ambos os elementos supracitados, possivelmente em virtude da lixiviação destes pela precipitação, bem como o sistema de irrigação utilizado e a textura do solo que, por ser mais arenosa, possui ausência de cargas na camada superficial. Em contrapartida, foi constatado incremento destes no tratamento que

utilizou matéria orgânica na superfície do solo, possivelmente tal fator pode ser explicado pelo fato dos compostos orgânicos deter o poder de agregação (Tabela 15).

Ao calcular o incremento ou redução destes no solo, foi observado que o tratamento sem cobertura apresentou um incremento de sódio de 32,30%, enquanto que para o com cobertura, houve uma redução de 42,83%, comportamento semelhante foi observado para o fósforo, potássio e a capacidade de troca catiônica.

Quando comparado as três épocas de coleta com o solo antes da utilização dos tratamentos, quanto a duas profundidades em estudo (0,0-0,20 e 0,20-0,40 m), para a variável potássio houve um incremento de mais de 80% desta ao solo para ambas as profundidades. Quanto ao cálcio observou-se redução para as profundidades supracitadas, exceto na segunda coleta para a camada superficial que houve incremento de 7,79%. Já o magnésio, apresentou incremento para as três épocas nas referidas profundidades, porém, na segunda época, constatou-se redução de 10,79 e 4,25%, respectivamente. Em relação ao pH, observou-se redução do mesmo para todas as coletas, sendo que a camada subsuperficial está deu-se de forma mais expressiva.

A capacidade de troca catiônica, variável que se encontra diretamente relacionada com a fertilidade do solo, sofre influência de matéria orgânica, uma vez que as partículas apresentam cargas elétricas superficiais que variam em função do pH. Ciotta et al (2003), estudando acerca da matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto, constatou que apesar da adição de matéria orgânica não ter sido expressiva, resultou num importante aumento nos valores de CTC.

Em estudos realizados por Có Júnior (2011), relacionando a matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar, constatou-se que a CTC do solo apresenta maiores valores na camada superficial, decrescendo com o aumento da profundidade, resultado este que diverge da pesquisa em estudo. Porém, tal fenômeno pode estar associado ao composto orgânico utilizado, a casca de arroz – material de difícil decomposição, bem como a textura do solo, mais arenosa na superfície.

De acordo com Verdade (1956), os solos dotados de textura fina apresentam maior capacidade de troca na fração mineral. Contudo, na predominância da matéria orgânica, a CTC poderá ser elevada.

Para o cálcio e o magnésio, observou-se comportamento inverso, cujo incremento deu-se no tratamento com cobertura. Já para o sem matéria orgânica, ocorreu redução destes elementos com incremento de 8,37 e 21,77%, respectivamente, quando comparadas a

primeira e a última coleta. Este fenômeno pode ser explicado, através da pesquisa realizada por Neu (2005), sendo a matéria orgânica o elemento que mais contribui para a entrada destes ao solo. Como o solo em estudo não sofre muita ação do intemperismo, essa adição torna-se mais lenta.

No recorrente a estes elementos, Ribeiro et al. (1999), explica que devido a superfície da argila ser negativamente carregada, estes tendem a aderir as mesmas, ou seja, maiores concentrações destes encontram-se nos solos ou camadas com predominância de argila, corroborando com os resultados obtidos na pesquisa.

Estudos realizados por Hawke & Summers (2006), revelam que o acúmulo de Ca^{2+} e o Mg^{2+} , em profundidade, dar-se em meio ao acréscimo de K em sua superfície. No entanto, tal prática irá favorecer a lixiviação de outras bases trocáveis, propiciando o processo de dispersão das argilas, prejudicando assim as propriedades físicas do solo. Yadare & Girdhar (1981), ressaltam que o cálcio apresenta preferência mais elevada quando comparado ao magnésio no complexo de troca do solo.

No recorrente a saturação por bases, com valores acima de 50% (74,8 e 89,01 %) para as coletas supracitadas, indicam, de acordo com o sistema brasileiro de classificação do solo, caráter eutrófico. Hernandez & Silveira (1998), observaram que o aumento da saturação por bases estava relacionado ao Ca^{2+} e Mg^{2+} que também aumentaram, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das culturas.

O nitrogênio, como esperado, na presença de compostos orgânicos ao solo, apresentou maior concentração no tratamento com composto orgânico (palha de arroz), obtendo um incremento em relação a primeira de 38,36%. Já para o pH ocorreu redução para ambos os tratamentos, porém, o com matéria orgânica foi mais acentuado, tendo em vista que a mesma auxilia em sua redução. Outro fator a ser levado em consideração é a adição dos sais, onde a salinidade interfere diretamente no pH do solo, tendendo a deixa-lo mais ácido (Tabela 16).

Souza & Melo (2000), estudaram os teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho, concluíram que os elementos químicos do solo, quando avaliados em relação a profundidade, apresentaram incrementos na superfície para as variáveis fósforo, sódio, magnésio, capacidade de troca catiônica e nitrogênio.

Neu (2005), relatou que o nitrogênio no solo tendeu a reduzir com a profundidade, bem como com o teor de matéria orgânica, resultados estes encontrados na pesquisa em estudo. No NSW (2010), constatou-se que as concentrações de nitrogênio no solo

apresentam variação entre 0,0012 a 0,0045 g.kg⁻¹. Contudo, se fazem necessários estudos mais detalhados, a fim de averiguar o tipo e textura do solo, já que a mesma interfere diretamente sobre ele.

Segundo Christensen (1992), os solos com textura mais argilosa são capazes de reter mais carbono, quando comparado aos arenosos, por possuírem baixa capacidade de adsorção do carbono, denotando em sua menor presença no solo.

Para o fósforo, observou-se valores mais acentuados no tratamento com cobertura e, redução quando atrelado a profundidade. Este fator pode ser explicado pela textura do solo, ou seja, solos mais argilosos favorecem sua retenção.

Neu (2005), afirma que a deficiência de fósforo no solo encontra-se fortemente relacionada com a cobertura vegetal. De acordo com Kauffman (1998), o mesmo, em áreas preservadas, encontra-se em torno de 65%, estando estocado na biomassa acima do solo. Contudo, quando retirada a vegetação, seu percentual tende a reduzir para 9%, apresentado redução de 56%. Segundo Berner & Berner (1987) e Stallard & Edmond (1981), o ânion fosfato é o que sofre maior influência com a retirada da cobertura vegetal, haja visto que sua origem se dá, basicamente, por partículas biológicas.

4.7 Valores médios das variáveis de salinidade para as três coletas de solo

Na Tabela 16, encontram-se as médias das variáveis condutividade elétrica (CE 1:2,5) e o percentual de sódio trocável em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média.

Tabela 16. Valores médios para a primeira, segunda e terceira coleta das variáveis, condutividade elétrica (CE 1:2,5) e o percentual de sódio trocável em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica.

Fatores	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta
---------	-----------	-----------	-----------

		CE 1:2,5	PST	CE 1:2,5	PST	CE 1:2,5	PST
		dS m ⁻¹	%	dS m ⁻¹	%	dS m ⁻¹	%
COB.	S/C	0,15	5,06	0,32	5,43	0,45	9,92
	C/C	0,21	6,87	0,50	9,75	0,45	10,94
PROF. (m)	0,0-0,2	0,11	3,54	0,24	12,96	0,42	9,58
	0,2-0,4	0,24	8,39	0,58	13,22	0,48	11,28
SAL (dS m ⁻¹)	0,1	0,14	5,22	0,32	6,08	0,06	1,20
	2,5	0,13	5,12	0,42	9,38	0,30	7,53
	5	0,22	6,03	0,50	7,44	0,50	11,91
	7,5	0,18	6,40	0,39	8,21	0,69	15,21
	10	0,22	7,05	0,41	9,34	0,70	16,29

Nota: Condutividade elétrica (CE), percentual de sódio trocável (PST); SAL – salinidade; COB – cobertura e PROF – profundidade.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Ao comparar os valores médios das três coletas para as variáveis CE e PST, quanto ao fator cobertura, pode-se aferir que para o tratamento sem cobertura houve incremento de ambos os parâmetros supracitados, enquanto que o com cobertura apresentou-se superior, possivelmente em virtude da matéria orgânica ter retido estes sais. No recorrente a profundidade, foi constatado incremento de ambos os elementos na subsuperfície, fator este que pode ser justificado pela textura do solo, onde, em superfície, se apresenta de forma mais arenosa, favorecendo o processo de lixiviação destes (Tabela 16).

Ao avaliar as variáveis supracitadas, foi observado que ao aumentar a quantidade de sais na água, ocorreu acréscimo gradativo, fator este verificado em ambas as coletas, sendo que o último tratamento aumentou significativamente quando comparado a primeira coleta, num percentual de 74,28 e 69,07%, para 7,5 e 10 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 17).

Quanto as variáveis de salinidade (CE, PST e Na+) para as três épocas de coleta, quando comparado a coleta testemunha com as mesmas, foi observado que ambas responderam de forma crescente, ou seja, a medida que o tempo foi passando estes elementos foram sendo incrementados ao solo. Sendo que o sódio variou de 70 a 95%, respectivamente. Enquanto, o percentual de sódio variou de 70 a 90%, respectivamente e a condutividade elétrica de 0 a 80%, respectivamente, para as profundidades de 0,0-20 e 0,20-0,40 m. para as três variáveis os maiores percentuais deram-se subsuperfície, na camada de 0,20-0,40 m.

Segundo NSW (2010), o solo com elevado aporte de sais tende a restringir o crescimento das plantas. Para tanto, a salinidade da água é tida como muito baixa para valores menores que 0,65 dS m⁻¹. Nesta perspectiva, o uso das águas com 7,5 e 10 dS m⁻¹,

utilizadas na pesquisa, irão acarretar, ao longo do tempo, danos ao solo, sendo necessário o controle dos níveis de salinidade no mesmo, visando a redução de impactos oriundos de seu aporte sobre sua estrutura e superfície. Souza & Moreira (2010), estudando a cultura do tomateiro irrigada com água residuária de suinocultura, constataram aumento significativo na condutividade elétrica do extrato de saturação, fator que pode ser justificado pelo elevado aporte de sais nessa água.

Linhares et al. (2012), apresentaram crescimento linear da condutividade elétrica em função da irrigação com águas salinas, corroborando com os valores da pesquisa. Em estudos realizados por Silva et al. (2007), quanto as alterações nas características químicas de solos irrigados com águas de níveis crescentes de salinidade, averiguaram que a salinidade aumenta com o uso destas.

Quanto a profundidade, em pesquisas desenvolvidas por Gurgel et al. (2003), Dias et al. (2005) e Porto Filho et al. (2011), verificaram a ocorrência de concentrações de sais na camada superficial e decrescente com a profundidade, resultado divergente do constatado na nesta pesquisa.

Para a variável percentual de sódio trocável, Costa et al. (2008), constataram que o aumento da salinidade da água de irrigação ocasionou em sua elevação. Freitas et al. (2007), estudando as alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina, bem como Garcia et al. (2008), investigando as alterações químicas de dois solos irrigados com água salina e, Holanda Filho et al. (2011), avaliando o uso de água salina para os atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca, constataram aumento da salinidade sobre a PST do solo.

4.8 Comparativo entre os atributos de salinidade da primeira e última coleta

Na Tabela 17, encontram-se representados os percentuais dos atributos da salinidade potencial Hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sódio – (Na⁺) e o percentual de sódio trocável (PST), para a primeira e a última coleta, sob diferentes concentrações salinas (0,1; 2,5 5,0; 7,5 e 10 dS m⁻¹), com e sem adição de matéria orgânica (casca de arroz) e diferentes profundidades (0,0-0,20 e 0,20-0,40 m).

Tabela 17. Percentual do incremento ou redução dos atributos da salinidade entre a primeira e última coleta.

Fatores	Variáveis (%)
---------	---------------

		pH	CE	Na ⁺	PST
			dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	%
COB.	S/C	-26,72	58,93	49,86	37,00
	C/C	-19,10	62,87	46,45	46,44
PROF. (m)	0,0-0,2	-26,93	58,46	43,46	40,69
	0,2-0,4	-18,86	62,47	49,42	43,65
S/C	0,1	-41,00	53,85	43,78	35,87
	2,5	-30,26	55,48	37,81	34,79
	5	-21,44	41,02	43,84	35,06
	7,5	-28,82	62,53	49,73	43,46
SAL (dS m ⁻¹)	10	-14,95	66,88	53,06	46,14
	0,1	-28,95	66,37	44,85	40,88
C/C	2,5	-18,25	69,54	53,72	46,24
	5	-14,34	58,50	57,65	48,12
	7,5	-15,46	64,41	44,67	38,64
	10	-17,87	54,06	44,50	43,93

Nota: potencial Hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sódio – (Na⁺); percentual de sódio trocável (PST); SAL – salinidade; COB – cobertura e PROF – profundidade.

Fonte: Compilação da Autora (2017).

De acordo com Fernandes (2000), a redução do pH pode estar ligada a fatores como a adição de matéria orgânica no solo, utilização de elevadas concentrações salinas e profundidade, refletindo também na acidez potencial. Em seus estudos sobre a acidez do solo, Brady (1983) e Tomaz Júnior (1997), verificaram interferências na disponibilidade de nutrientes para pH inferior a 4,5, cuja acidez propicia o empobrecimento do solo quanto a presença de Ca e Mg, aumentando os teores de alumínio e a fixação do fósforo, promovendo deficiências de micronutrientes e excesso de sais que, em consequência, desfavorece o crescimento vegetal. Pesquisa realizada por Mello & Vitti (2002), constataram resultado adverso, onde o aumento do teor da matéria orgânica do solo, tende a incrementar o pH do solo.

No recorrente a condutividade elétrica do solo, constatou-se incremento de sais ao solo a medida que se aumentavam as concentrações de sais na água de irrigação, ou seja, quanto mais elevada a CE da água para irrigação, maior CE do solo em estudo para o tratamento sem cobertura. Quando avaliada em função da matéria orgânica, observou-se redução desta ao solo, quando comparada a sem cobertura. No que tange a profundidade, foi observada ocorrência da diminuição deste elemento em profundidade, cujo fator pode estar atrelado ao fato da irrigação, consistida em apenas 3,5 mm aplicados semanalmente, não ter sido suficiente para que houvesse lixiviação deste para a subsuperfície (Tabela 18).

De acordo com Brandão & Lima (2002), em estudos sobre o pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG), a condutividade elétrica aumenta em função da presença de sais na solução do solo. Santana et al. (2007), mencionaram que com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (0,1; 2,0; 5,0 e 8,0 dS m⁻¹), ocorreu incremento na condutividade elétrica do extrato de saturação, ao término da experimentação, bem como a ocorrência de valores mais acentuados nas águas com maior concentração de sais. Resultado semelhante foi constatado por Souza (1995), estudando o comportamento do feijoeiro submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, onde a CE aumentou em função do excesso de sais nas águas de irrigação.

Ferreira et al. (2006) avaliaram os efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba, constatou que a maior concentração dos sais encontrava-se na superfície do solo e sua consequente diminuição, deu-se em função da profundidade. Na camada superficial (0,0-0,15m), ocorreu uma maior concentração de sais, possivelmente em razão da evaporação, bem como a absorção pelo sistema radicular, ocorrendo acréscimo da concentração salina durante o experimento, sendo este mais evidente para as águas de irrigação com maiores concentrações salinas.

Comportamento semelhante foi observado ao avaliar o sódio, onde a utilização da matéria orgânica diminuiu a presença deste no solo, mesmo não tendo sido decomposta para sua incorporação ao solo, uma vez que a mesma exerceu o papel de proteção para a superfície do solo, mitigando a evaporação e, conseqüentemente, o acúmulo deste a superfície. Na profundidade de 0,20-0,40m verificou-se a diminuição do mesmo, ato que pode estar atrelado a pouca irrigação utilizada na pesquisa (Tabela 18).

Santana et al. (2007), estudaram os efeitos da salinidade da água de irrigação, averiguou que independentemente da textura do solo, à medida que aumenta a salinidade da água, ocorre aumento do sódio no solo. De acordo com Medeiros et al. (2008) e Gheyi et al. (2010), o solo quando apresenta elevada concentração de sais tende a promover a expansão da argila, acarretando sua dispersão e, conseqüentemente modificando a estrutura do solo, fator este observado quando utilizado águas com elevadas concentrações salinas.

Para o percentual de sódio trocável do solo, foi observado que o mesmo aumentou em função dos valores mais elevados da água de irrigação para o tratamento sem cobertura. Já para o tratamento com cobertura não foi constatado este fator. Ao comparar os tratamentos com e sem cobertura na camada superficial, observou-se que o com cobertura favoreceu o acúmulo da PST ao solo, enquanto na subsuperfície não foi observado grande

variação para os mesmos. De acordo com Gomes et al. (2000), a inserção de materiais orgânicos como esterco de curral e casca de arroz contribuem para a redução da PST nas camadas superficiais do solo.

Albuquerque et al. (2002), mencionam que a susceptibilidade ao selamento superficial, é causada pelo aumento da PST, cuja variação ocorre em função da qualidade da irrigação, do tipo de mineral de argila predominante, e do grau de salinidade do solo (Ribeiro, 2010).

5 CONCLUSÕES

Observou-se aumento para as variáveis percentual de sódio trocável, sódio e condutividade elétrica em função das concentrações salinas.

A ação do condicionante orgânico (cobertura do solo) utilizado na pesquisa, casca de

arroz, agiu, sobre as variáveis sódio, condutividade elétrica e percentual de sódio trocável, de forma atenuadora sob a salinidade.

Observou-se ocorrência, em profundidade, de redução acentuada da salinidade para as variáveis sódio e condutividade elétrica, diferentemente do percentual de sódio trocável.

Constatou-se que a condutividade elétrica da água de até 5 dS m^{-1} , para o manejo de irrigação utilizado, não salinizou o solo.

O uso da cobertura de solo com material orgânico, apresentou-se de forma positiva para as variáveis fósforo e nitrogênio, havendo maior incremento destes no solo.

REFERÊNCIAS

Agencia Nacional das Águas - ANA. Conjuntura. 2011. 205 p.

- Agra, T. A. A. Removedor de esmalte a base de palma forrageira: Uma alternativa econômica, sustentável e ecologicamente correta para o semiárido brasileiro. Campina Grande/PB: Universidade Estadual da Paraíba, 2014. 57 p. Monografia.
- Aita, C.; Basso, C. J.; Ceretta, C. A.; Gonçalves, C.N.; Ros, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.157–165, 2001.
- Albuquerque, J. A.; Argenton, J.; Fontana, E. C.; Costa, F. S.; Rech, T. D. Propriedades físicas e químicas de solos Incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1065-1073, 2002.
- Albuquerque, S. G. de. Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 6 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 91), 2017.
- Almeida, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010. 228 p.
- Alloway, B. J. Soil processes and the behaviour of metals. In: ALLOWAY, B. J., ed. *Heavy metals in soils*. Ipswich, John Wiley & Sons, p.7-28,1990..
- Andréo-Souza, Y.; Pereira, A. L.; Silva, F. F. S. da.; Riebeiro-Reis, R. C.; Evangelista, M. R. V.; Castro, R. D. de; Dantas, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32 2010.
- APHA – Standard methods for the examination of water and wastewater. 15 ed. Washington DC, APHA-AWWA-WPCF, 1980. 1000p.
- Artur, A. G.; Oliveira, D. P.; Costa, M. C. G.; Romero, R. E.; Silva, M. V. C.; Ferreira, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.141–149, 2014.
- Assis Júnior, R. N.; Silva, E. F. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre os atributos físicos de um Neossolo flúvico do município de Quixeré, CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.1778-1786, 2012.
- Ayers, R. S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura irrigada/ R.S. Ayers, D.W. Westcot; tradução de H. R. Gheuyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 6-9p.
- Berner, E.K.; Berner, R.A. *The Global Water Cycle*. New Jersey: Prentice-Hall, 1987. 397 p.
- Bernert, M. R.; Eschemback, V.; Jadoski, S.O.; Lima, A. S.; Pott, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v.8, p.80-87, 2015.

- Bertol, I; Ciprandi, O; Kurtz, C.; Baptista, A. S. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.22, p.705 – 712, 1998.
- Bezerra, M. E. J.; Lacerda, C. F.; Sousa, G. G. de.; Gomes, V. F. F.; Mendes Filho, P. F. Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, p. 562-570, 2010.
- Bispo, S. V.; Ferreira, M. A.; Veras, A. S. C.; Batista, A. M. V.; Pessoa, R. A. S.; Bleuel, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e característica de fermentação ruminal em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.1902-1909, 2007.
- Blanco-Canqui.; Lal, R. Corn stover removal impacts on microscale soil physical properties. *Geoderma*, v.145, p.335–346, 2008.
- Black, C. V. Soil plant relationships, 2. ed. John Wiley & Sons, Inc., 1968. 729 p.
- Boer, C. A.; Assis, R. L.; Silva, G. P.; Braz, A. J. B. P.; Barroso, A. L. L.; Cargnelutti Filho, A.; Pires, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.42, p.1269-1276, 2007.
- Brady, N. C. *Natureza e Propriedades dos Solos*. 6. ed. Biblioteca Universitária Freitas Bastos. 1983. 647 p.
- Brady, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 898 p.
- Brandão, S. L.; Lima, S. do C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em uberlândia (MG). *Revista Caminhos de Geografia*, n.3, v. 6, p. 46 – 56, 2002.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Caderno setorial de recursos hídricos. 2006. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em mar. 2017.
- Callejas-Juarez, N; Matus–Gardea, J. A.; García–Salazar, J. A.; Martínez–Damián, M. Á. J.; Salas–González, M. Situación actual y perspectivas de mercado para da tuna, el nopalito y derivados en el estado de México. *Agrociência*, México, v.43, p. 73-82, 2009.
- Cândido, M. J. D.; Gomes, G. M. F; Lopes, M. N.; Ximenes, L. J. F. 2013. Cultivo da palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. *Informe Rural* 7(3).
- Cantarella, H.; Andrade, C. A.; Junior, D. M. Matéria orgânica do solo e disponibilidade de nitrogênio para as plantas. In: SANTOS, G.A. de., SILVA, L. S. da., Cantanellas, L. P.; Camargo, F.A.O. (Eds) *Fundamentos da Matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais*. Rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole. 2008. 582p.

- Cavalcante, E. G. S.; Alves, M. C.; Souza, Z. M. de; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.31, p.1329-1339, 2007.
- Cavalcante Junior, E. G. Produção e necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. Mossoró/RN. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 62 p. Dissertação.
- Centurion, J. F.; Cardoso, J. P.; Natale, W.; Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.v.5, p.254-258, 2001.
- Chaves, L. H. G.; Chaves, I. de B.; Silva, P. C. M.; Vasconcelos, A. C. F. de. Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 6, p. 13-19, 2006.
- Ciotta, M. N.; Bayer, C.; Fontoura, S. M. V.; Ernani, P. R.; Albuquerque, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. *Ciência Rural*, v.33, p.1161-1164, 2003.
- Có Júnior, C. Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar. Jaboticabal/SP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – Unesp, 2011. P. 131.
- Coelho, M. R.; Fontana, A.; Santos, H. G. dos; Perez, D. V. O solo e a sustentabilidade agrícola no Brasil: Um enfoque pedológico, *Boletim Informativo da SBCS*, p. 30-37, 2014.
- Corwin, D. L.; Lesch, S. M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.46, p.11-43, 2005.
- Costa, D. M. A. da.; Melo, H. N. S.; Ferreira, S. R. Composição química da solução de solo após cultivo sob estresse salino e cobertura morta. *Holos*, Vol. 1, p. 4-14, 2008.
- Costa, E. M. da.; Silva, H. F.; Ribeiro, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, p. 1842, 2013.
- Costa, F. M. da.; Oliveira, J. M.; Guimarães, E. C.; Tavares, M. Classificação do coeficiente de variação da umidade do solo em experimentação agrícola. *Revista Matemática e Estatística em Foco*, p. 1-8, 2008.
- Costa, W. A. J. M. D.; Sangakkara, U. R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. *Journal of Agricultural Science*, v.144, p.111-133, 2006.
- Chiodini, B. M.; Silva, A. G.; Negreiros, A. B.; Magalhães, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. v.6, p.181-190, 2013.

- Christensen, B.T. Physical fractionation of soil organic matter in primary particle size and density separates. *Advances Soil Science*, v.20, p.1-90, 1992.
- D'Almeida, D. M. B. A. D.; Andrade, E. M.; Meireles, A. C. M.; Ness, R. L. L. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.615- 621, 2005.
- Dewis, J.; Freitas, F. *Physical and chemical methods of soil and water analysis*. Rome, FAO, 1970. 225p.
- Dias, N. S.; Duarte, S. N.; GheyI, H. R.; Medeiros, J. F.; Soares, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p. 496-504, 2005.
- Dias, N. D.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. 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. p. 129-140, 2010.
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.230, 2011.
- Dubeux Júnior, J. C. B.; Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Santos, D. C.; Farias, I.; Lima, L. E.; Ferreira, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north- east Brasil. *Journal of Arid Enviroments*, v.67, p.357-372, 2006.
- Dubeux Júnior, J.C.B.; Santos, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C. et al. (Eds). *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 105-127. 2005
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório. Teresina, 2007. 2 p.
- Espindola, J. A. A.; Guerra, J. G. M.; Almeida, L.; Teixeira, M. G.; Urquiaga, S. Composição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.321-328, 2006.
- Farias, P. K. P. Gênese e levantamento de solos da Serra de Santana no Seridó Potiguar. Mossoró/RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2016. 82 p.
- Fernandes, A. C. *Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar*. Piracicaba, STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos, 2000. 193 p.
- Ferreira, P. A.; Moura, R. F.; Santos, D. B.; Fontes, P. C. R.; Melo, R. F. de. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.10, p.570-578, 2006.

- Ferreira, P. A.; Silva, J. B. L.; Ruiz, H. A. Aspectos físicos e químicos do solos em regiões áridas e semiáridas. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, p. 21-41, 2010.
- Fireman, M.; Wadleigh, C. H. A Statistical Study of the Relation Between pH and the Exchangeable-sodium-percentage of Western Soils. *Soil Sci.* v.71, p.:273-285, 1951.
- Flores-Hernández, A.; Castillo, I. O.; Amador, B. M.; Hernández, J. L. G.; Troyo-Diequez, E. Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, v.70, p.97-107, 2004.
- Food And Agriculture Organization of The United Nations - FAO. Situación de la seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe. www.fao.org/efs/spanish/LAR96-4.htm. 1996.
- Food And Agriculture Organization of The United Nations. The state of the world’s land and water resources for food and agriculture. Roma: FAO, 2011. 50p.
- Freire, A. L. O.; Saraiva, V. P.; Miranda, J. R. P.; Bruno, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1133-1144, 2010.
- Freitas, E. V. S.; Fernandes, J. G.; Campos, M. C. C.; Freire, M. B. G. S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, p.21-28, 2007.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Gama-Rodrigues, E. F.; Brito, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1421-1428, 2007.
- Garcia, G. O.; Martins Filho, S.; Reis, E. F.; Moraes, W. B.; Nazário, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, p.7-18, 2008.
- Gervásio, E. S.; Carvalho, J. A.; Santana, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, p. 125-128, 2000.
- Gheyi, H. R.; Dias N. S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicado. In: Gheyi, H. R.; Dias N. S.; Lacerda, C. F. (Eds.) Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010.
- Glória, N. A. Resíduos industriais como fonte de matéria orgânica. In: Encontro sobre materia organica do solo: problemas e soluções, 1992, Botucatu, 1992. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, p.129- 148, 1992.
- Gomes, J. W. S.; Dias, N. S.; Oliveira, A. M.; Blanco, F. F.; Sousa Neto, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.850-856, 2011.

- Gomes, E. M.; Gheyi, H. R.; Silva, Ê. F. F. e. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.355-361, 2000.
- Gonçalves, I. V. C.; Freire, M. B. G. S.; Santos, M. A. dos; Souza, E. R. de; Freire, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.589-596, 2011.
- Gonçalves, M. C.; Martins, J. C.; Ramos, T. B. A salinização do solo em Portugal. Causas, extensão e soluções. *Revista de Ciências Agrárias*, v.38, p. 574-586, 2015.
- Google Earth. Disponível em: < <http://maps.google.com.br/maps> >. Acesso em: 01 jun. 2017.
- Gurgel, M. T.; Medeiros, J. F.; Nobre, R. G.; Cardoso Neto, F. C.; Silva, F. V. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.3, p.1-13, 2003.
- Hawke, R. M.; Summers, S. A. Effects of land application of farm dairy effluent on soil properties: A literature review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, [s.l.], v. 49, p.307-320, 2006.
- Hernandez, R. J. M.; Silveira, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). *Sci. agric.* vol. 55, pp.79-85,1998.
- 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 mandiocueira. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.1, p.60-66, 2011.
- Holanda, F. S. R.; Marciano, C. R.; Pedrotti, A.; Aguiar, J. F.; Santos, V. P. Recuperação de áreas com problemas de salinização. *Informe Agropecuário*, v. 22, p. 57-61, 2001.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A. Qualidade da água de irrigação. In: Gheyi, H.R.; 325 Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. (ed). *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. 326 Campina Grande: UFPB, 1997, p.137-169.
- Holanda, F. S. R.; Marciano, C. R.; Pedrotti, A.; Aguiar, J. F. de; Santos, V. P. Recuperação de áreas com problemas de salinização. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, p. 57-61, 2001.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa Político-Administrativo do Estado do Rio Grande do Norte. 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção da Pecuária Municipal. 2012. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/comentarios.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017.

- Inglese, P.; Barbera, G.; Mantia, T. L. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit quality and production. *Journal of Arid Environments*, v.29, p.455-468, 1995.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1961- 1990. Ramos, A. M.; Santos, L. A. R.; Fontes, L. T. G. (Orgs.). Brasília, DF: INMET, 2009. 465 p.
- Jacomine, P. T. K. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: Alvarez, V. V. H.; Fontes, L. E. F.; Fontes, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG:SBCS/UFV, p. 96-111, 1996.
- Kauffman, J. B.; Cummings, D. L.; Ward, D. E. Fire in the Brazilian Amazon 2. biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, v.113, p.415- 427, 1998.
- Keren, R.; Shainberg, I.; Klein, E. 1988. Settling and flocculation value of sodiummontmorillonite particles in aqueous media. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 52, p. 76-80. 1988.
- Koohafkan, P. Water and Cereals in Drylands, The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan (FAO), Rome, 2012, 113p.
- Kovda, V. A.; Yaron, B.; Shalhevet, Y. Quality of irrigation water. In: kovda, V. A.; Berg, C. V.; Hagan, R. M. (eds.) International source book on irrigation, drainage and salinity. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, cap. 7, p. 177-205, 1973.
- Lacerda, C. F.; Costa, R. N. T.; Bezerra, M. A.; Gheyi, H. R. Estratégias de manejo para o uso de água na agricultura. In: Gheyi, H. R.; Lacerda, C. F.; Dias, N. S. (Ed). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE. Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Salinidade, Cap 17, p. 304-317, 2010.
- Lacerda, C. F.; Júnior, J. O. A.; Filho, L. C. A. L.; Oliveira, T. S. de; Guimarães, F.V.A.; Filho, E. G.; Prisco, J. T.; Bezerra, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v.18, p.455-465, 2006.
- 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*, v. 31, p.663-675, 2011.
- Leal, I. G.; Accioly, A. M. A.; Nascimento, C. W. A.; Freire, M. B. G. dos S.; Montenegro, A. A. de A.; Ferreira, F. de L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 32, p. 1065-1072, 2008.
- Leite, M. L. M. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenilifera*). Dissertação de mestrado em Agronomia, Areia/PB, 2006.
- Lemos, R. C.; Santos, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. SBCS/CNPS. 3. Ed, 1996, p. 83.

- Lemos, M. Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro. Mossoró/RN. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2016, 244 p.
- Leo, M.; Bruzual de Abreu, M.; Pawlowska, A. M.; Cioni, P. L.; Braca, A. Profiling the chemical content of opuntia ficus indica flowers by HPLC-P-DA-ESI-MS and GCEIMS analyses. *Phytochemistry Letters*, v.3, n. 1, p.48-52, 2010.
- Leonardo, M. Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos. Botucatu/SP Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, 2003.
- Leonardo, M.; Broetto, F.; Boas, R. L. V.; Marchese, J. A.; Tonin, F. B.; Regina, M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. *Bragantia*, v.67, p. 883-889, 2008.
- Linhares, P. S. F.; Alves, R. C. A.; Medeiros, M. A.; Lima, L. A.; Bezerra, F. M. S.; Cavalcante, A. L. G.; Oliveira, F. de A. de. Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, p 55-61, 2012.
- Lima, G. F. C.; Silva, J. G. M.; Aguiar, E. M.; Teles, M. M. Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem. Natal, RN: EMPARN, v.8, 2010. 53 p.
- Lima, C. B. E.; Santos Filho, S. V.; Santos, M. A. dos; Oliveira, M. de. Influência da água salina nas características físicoquímicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira cultivada em vasos. *Revista Caatinga*, vol. 20, p. 132-136, 2007.
- Lima, G. F. C.; Wanderley, A. M.; Guedes, F. X.; Rego, M. M. T.; Dantas, F. D. G.; Silva, J. G. M.; Novaes, L. P.; Aguiar, E. M. Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. EMPARN. Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil, 2015. 62 p.
- Lima, M. A.; Camilo, H. F.; Fidelis, M. H. A.; Lima, S. M. S. Palma forrageira: importância para os produtores rurais do município de Juazeirinho-PB. *Revista Acadêmico Científico*, v. 06, 2014.
- Linhares, P. S. F.; Alves, R. de C.; Medeiros, A. M. A. de; Lima, L. A.; Bezerra, F. M. S.; Cavalcante, A. L. G.; Oliveira, F. de A. de. Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, p 07-19, 2012.
- Lopes, E. B.; Costa, L. B.; Cordeiro Junior, A. F.; Brito, C. H. Rendimento e aspectos fenológicos de espécie de palma forrageira em relação ao cultivo com dois tipos de cladódios. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v.7, p.59-61, 2013.

- Lopes, E. B.; Santos, D. C. E.; Vasconcelos, M. F. Cultivo da palma forrageira In: LOPES, E. B. (Ed.). Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. Paraíba: EMEPA/FAEPA, p. 11-33, 2007.
- Ma, J. F.; Ryan, P. R.; Delhaize, E. Aluminum tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in plant science*, v.6, p.273-279, 2001.
- Marrs, R. H.; Thompson, J.; Scott, D.; Proctor, J. Nitrogen mineralization and nitrification in terra-firme forest and savanna soils on Ilha-De-Maraca, Roraima, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v.7, p.123-137, 1991.
- Matos, F. S.; Rocha, E. C.; Cruvinel, C. K. L.; Ribeiro, R. A.; Ribeiro, R. P.; Tinoco, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-mansó irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p. 947-954, 2013.
- Mcwilliams, D. Rio Grande regional soil and water series: Soil salinity and sodicity limits efficient plant growth and water use. Guide A-140. Las Cruces: New Mexico State University, 2003.
- Medeiros, J. F.; Dias, N. S.; Adilson, D. B. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, Recife, v.3, n. 3, p. 242-247, 2008.
- Medeiros, P. R. F.; Duarte, S. N.; Uyeda, C. A.; Silva, E. F. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.51- 55, 2012.
- Mello, S. C; Vitti, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas propriedades químicas do solo em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* v.20, p.452-458, 2002.
- Mendes, J. S.; Chaves, L. H.G.; Chaves, I. B. Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, p.13-19, 2008.
- Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V. S. B. A palma no Nordeste do Brasil – Conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFRPE, 2005, v. único, p. 44. 2005.
- Miranda, M. F. A.; Pessoa, L. G. M.; Freire, M. B. G. dos S.; Freire, F. J. Correção de solo salino-sódico com soluções de cloreto de cálcio cultivado com sorgo sudanense. *Revista Caatinga*, v.21, p.18-25, 2008.
- Moraes, J. F. V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.85-97, 1991.
- Montenegro, S.; Ragab, R. Impact of possible climate and land use changes in the semi arid regions: A case study from North Eastern Brazil. *Journal of Hydrology*, v.434-435, p.55-68, 2012.

- Mota, J. C. A.; Assis Júnior, R. N. de; Filho, J. A.; Libardi, P. L. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p.49-58, 2008.
- Nascimento, P. C.; LANI, J. L.; Mendonça, E. S.; Zoffoli, H. J. O.; Peixoto, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, 2010.
- Neu, V. Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solo na região de Manaus-AM. 2005. Piracicaba/SP, Universidade de São Paulo, 2005. 110 p. Dissertação.
- New South Wales Government. Use of effluent by irrigation - NSW. Austrália: Department of Environment and Climate Change and Water NSW, 2004. 135 p.
- New South Wales Government. Effluent reuse management - NSW. Austrália: Department of Environment and Climate Change and Water NSW, 2010. 65 p.
- Oliveira, F. T. de. Crescimento do sistema radicular da *Opuntia ficusindica* (L) Mill (palma forrageira) em função de arranjos populacionais e adubação fosfatada. Patos. Universidade Federal de Campina Grande, 2008. p. 91. Dissertação.
- Oliveira, T. K.; Carvalho, G. J.; Furtini Neto, A. E., Lima, P. C.; Moraes, R. N. S. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. *Revista Agropecuária Tropical*. v.8, p.57-75, 2004.
- Oster, J. D.; Schiroer, F. W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* v. 43 p.444-7, 1979.
- Pavinato, P. S.; Merlin, A.; Rosolem, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1031-1040, 2009.
- Pavinato, P. S.; Merlin, A.; Rosolem, C. A. Organic compounds from plant extracts and their effect on soil phosphorus availability. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43:1379- 1388, 2008.
- Pimentel Gomes, F. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.
- Pimentel Gomes, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, p. 467, 1985.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. 2000. 117p.
- Pinheiro, K. M.; Silva, T. G. F.; Carvalho, H. F. S.; Santos, J. E. O.; Moraes, J. E. F.; Zolnier, S.; Santos, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, p.939-947, 2014.
- Pizarro, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. 2. ed. Madrid: Editorial Española S.A., 1985. p.542.

- Porto Filho, F. Q.; Medeiros, J. F.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Sousa, P. S.; Dantas, D. C. Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.1130-1137, 2011.
- Puttaswamygowda, B. S.; Pratt, P. P. Effects of straw, calcium chlorid, and submergence on a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 37, p. 208-212, 1973.
- Reis Filho, R. J. C. dos. Anuário leite em números – Ceará 2012. Fortaleza: Leite & Negócios Consultoria, 2012.
- Rhoades, J. D. Reclamation and management of salt-affected soils after drainage. In: PROC. First water management for irrigation and drainage, Reno, Nevada, ASCE, p.85-116, 1977.
- Rhoades, J. D. Quality of water for irrigation. *Soil Science, USA*, v. 113, p.277-284, 1972.
- Rhoades, J. D.; Clark, M. Sampling procedures and chemical methods in use alt the United States Salinity Laboratory for characterizing salt-affected soils and waters. Riverside, US Salinity Laboratory, 1978.
- Rhoades, J.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas na produção agrícola. Trad. De H. R. Gheyi, J. R. de Souza, J. E. Queiroz. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2009. 117 p.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. 322 p.
- Ribeiro Junior, J. I. Análises estatísticas no SAEG (Sistema para análises estatísticas). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.
- Ribeiro, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. 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, p. 11-19, 2010.
- Ribeiro, M. R.; Freire, F. J.; Montenegro, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S; Alvarez, V. H. (eds.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.165-208, 2003.
- Ribeiro, M. R.; Sampaio, E. V. S. B.; Galindo, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semi-árido brasileiro. In: Ribeiro, M. R.; Nascimento, C. W. A.; Ribeiro Filho, M. R.; Cantalice, J. R. B. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.6, 2009 p.413-459.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and álcali soils. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- Rhoades, J. D. Quality of water for irrigation. *Soil Science*. v. 113, p.277-284, 1972.

- Rocha, J. E. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte / por Juliana Evangelista da Silva Rocha. — Dados eletrônicos. — Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012.
- Rocha, A. B.; Baccaro, C. A. D.; Silva, P. C. M.; Camacho, R. G. V. Mapeamento geomorfológico da bacia do ApodiMossoró - RN - NE do Brasil. Mercator - Revista de Geografia da UFC, v. 8, p. 201-216, 2009.
- Santana, M. J.; Carvalho, J. de A.; Silva, É. L. da.; Miguel, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Ciência agrotécnica. v.27, p.443-450, 2003.
- Santana, M. J. Carvalho, J. A.; Souza, K. J.; Sousa, A. M. G. de.; Vasconcelos, C. L.; Andrade, L. A. de B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. Ciência agrotécnica. v. 31, p. 1470-1476, 2007.
- Santos, A. B.; Fageria, N. K.; Zimmermann, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, p. 12-16, 2002.
- Santos, A. N.; Silva, Ê. F. de F. E.; Soares, T. M.; Dantas, R. M. L.; Silva, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. Revista Ciência Agronômica, v. 42, p. 319-326, 2011.
- Santos, D. C.; Farias, I.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Arruda, G. P.; Coelho, R. S. B.; Dias, F. M.; Melo, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, 2006. 48p.
- Santos, M. A.; Freire, M. B. G. S.; Almeida, B. G.; Lins, C. M. T.; Silva, E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.397-404, 2013.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. Á.; Lumbrellas, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, p. 117-293, 2013.
- Santos, K. C. F.; Silva, M. S. L.; Silva, L. E.; Miranda, M. A.; Freire, M. B. G. S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex nummularia*. Revista Ciência Agronômica. v.42, p. 619-627, 2011.
- Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Dubeux, J. R. J. C. B. Palma forrageira In: Plantas forrageiras. 1 ed., Viçosa: Editora UFV, p. 459-493. 2010.
- Santos, P. R.; Ruiz, H. A.; Neves, J. C. L.; Almeida, E. F. A.; Freire, M. B. G. dos S.; Freire, F. J. Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.882-889, 2009.

- Sertão, M. A. J. Uso de corretivos e cultivo do capim Urocloa (*Urocloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semi-árido. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2005. 75p. Dissertação.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. Cenários para o leite e derivados na Região Nordeste em 2020. Recife: Sebrae, 2013. 154 p.
- Silva Júnior, L. G. A.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, p.11-17, 1999.
- Silva, J. R. C. Sobrevivência e crescimento de mudas de sabiá em podzólico vermelho-amarelo sob erosão simulada. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.35, p.1055-1061, 2000.
- Silva, D. S.; Andrade, A. P.; Leite, M. L. M. Palma forrageira e sustentabilidade do semiárido brasileiro. p. 71-103. In: Ximenes, L.J.F.; Martins, G. A.; Morais, O. R.; Costa, L. S. A.; Nascimento, J.L.S. *Ciência e tecnologia na pecuária de caprinos e ovinos*. BNB *Ciência e Tecnologia*, v.5. 2010a.
- Silva, L. M.; Fagundes, J. L.; Viegas, P. A. A.; Muniz, E. N.; Range, J. H. de A.; Moreira, A. L.; Backes, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, v.44, p. 2064-2071, 2014.
- Silva, N. G. M.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Mello, A. C. L.; Silva, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2389 - 2397, 2010b.
- Silva, P. F.; Lima, C. J. G. S.; Barros, A. C.; Silva, E. M.; Duarte, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1173-1180, 2013.
- Silva, T. G. F.; Araújo Primo, J. T.; Morais, J. E. F.; Diniz, W. J. S.; Souza, C. A. A.; Silva, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*, v.28, p.10-18, 2015.
- Silva, M. O.; Freire, M. B. G. S.; Mendes, A. M. S.; Freire, F. J.; Duda, G. P.; Sousa, C. E. S. Risco de salinização em quatro solos do Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.2, n.1, p. 8-14, 2007.
- Silva, V. R.; Reichert, J. M.; Storck, L.; Feijó, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1013-1020, 2003.
- Simões, D. A.; Santos, D. C. dos; Dias, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. IN: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V. S. B. (Ed.). *In: A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 13-26.
- Smith, A. P.; Chen, D.; Chalk, P. M. N₂ fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil. *Biology and Fertility of Soils*, v.45, p.329-333, 2009.

- Sobral, L. F.; Barretto, Silva, M. C. V. A. J.; Anjos, J. L. dos. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Ed. 1, p. 15, 2015.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004, p. 404.
- Sousa, G. G.; Marinho, A. B.; Albuquerque, A. H. P.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M. de. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. Revista Ciência Agronômica, v. 43, p. 237-245, 2012.
- Sousa, G. G. Lacerda, C. F. de; Cavalcante, L. F.; Guimarães, F. V. A.; Bezerra, M. E. de J.; Silva, G. L. da. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.11, p.1143-1151, 2010.
- Sousa, G. G.; Lima, F. A.; Gomes, K. R.; Viana, T. V. A.; Costa, F. R. B.; Azevedo, B. M.; Martins, L. F. Irrigação com água salina na cultura do amendoim em solo com biofertilizante bovino. Nativa, v. 2, p. 89-94, 2014.
- Souza, J. A. R.; Moreira, D. A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. Engenharia Ambiental, v. 7, p. 134-143, 2010.
- Souza, M. R. de. Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Lavras/MG. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995. 94 p. Dissertação.
- Souza, W. J. O.; Melo, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 885-896, 2000.
- Stallard, R. F.; Edmond, J. M. Geochemistry of the Amazon. 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved-load at the time of peak discharge. Journal Of Geophysical Research-Oceans And Atmospheres, v.86, p.9844-9858, 1981.
- Stanford, G.; S. J. Smith. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.34, p. 465-472, 1972.
- Tavares Filho, J.; Ribon, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 32, p. 487-494, 2008.
- Távora, F. J. A. F.; Ferreira, R. G.; Hernandez, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23, p. 441-446, 2001.
- Teasdale J. R.; Brandsaeter, L. O.; Calegari, A.; Skora Neto, F. Cover crops and weed management. In Upadhyaya, M. K.; Blackshaw, R. E. (Ed.). Non-chemical weed

- management: principles, concepts and technology. Wallingford; Cambridge: CABI Head Office, p. 49-64, 2006.
- TerraView 4.2.2. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso em: 01 jun. 2016.
- Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.61, p.99-103, 2001.
- Tomé Júnior, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Curitiba: Editora Guaíba Agropecuária, 1997. 247 p.
- Tosto, M. S. L.; Cunha, M. V.; Santos, D. C. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 8, p. 239 - 249, 2007.
- Torres, J. L. R.; Pereira, M. G.; Andrioli, I.; Polidoro, J. C.; Fabian, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, p.609-618, 2005.
- Torres, J. L. R.; Pereira, M. G.; Fabian, A. J. Produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, p.421-428, 2008.
- United States Salinity Laboratory. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils – USSS Staff. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954, 160p.
- Vanni, S. M. Modelos de regressão: Estatística aplicada. São Paulo, Legmar Informática, p.177, 1998.
- Vasconcelos, M. C. C. A. Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 10, p. 20-25, 2014.
- Verdade, F. DA C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. *Boletim técnico do instituto agrônomo do Estado de São Paulo*, v. 15, n.4, 1956.
- Weber, N. C.; Oelke, C. A.; Azevedo, E. B.; Ramos, A. A. B.; Fresinghelli, J. C. F.; Winckler, J. C. P. Efeito da adição de casca de arroz na decomposição anaeróbica de dejetos suínos sobre os teores de macro e micronutrientes. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.7, p.51-58, 2017.
- Ximenes, L. J. F. Efeitos da ocorrência de secas sobre indicadores agropecuários do estado do Ceará. *Informe Rural*. v.7, 2013. 14 p.
- Yadare, J. S. P.; Girdhar, I. K. The effects of different magnesium:calcium ratios and sodium adsorption ratio values fo leaching water on the properties of calcareous versus noncalcareous soils. *Soil Science*, v. 131, p. 194- 198, 1981.

Zech, W.; Senesi, N.; Guggenberger, G.; Kaiser, K.; Lehmann, J.; Miano, T.M.; Miltner, A.; Schroth, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, v.79, p. 117-161, 1997.

Zandonadi, D. B.; Santos, M. P.; Medici, L. O.; Silva, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 32, 2014.

ANEXO A – TABELAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO

Tabela 20. Síntese da classificação segundo Richards (1954)

Solos	C.E. (mmhos cm ⁻¹)	PST	pH
Normais	< 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos	> 4 millimhos	< 15	> 8,5
Salinos sódicos	> 4 millirnhos	> 15	< 8,5
Sódicos	< 4 millimhos	> 15	< 8,5

Fonte: Richards (1954).

Tabela 21. Classificação segundo Pimentel Gomes (1985), baseada em ensaios agrícolas.

Faixa	CV	Dispersão
Menor ou igual a 10%	baixo	baixa dispersão dos dados
Entre 10% e 20%	médio	média dispersão dos dados
Entre 20% e 30%	alto	alta dispersão dos dados
Maior do que 30%	muito alto	dispersão dos dados muito alta

Fonte: Pimentel Gomes (1985).

Além de interferir no pH, a salinidade também influencia as taxas de mineralização do nitrogênio, segundo (GLOAGUEN, 2009) “demonstraram que o aumento da salinidade provoca um decréscimo da taxa de mineralização do N orgânico do solo”.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DA CALIBRAÇÃO DO FDR E DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Calibração do Reflectometria no Domínio de Frequência – FDR

Para o processo de calibração se fez necessário 6 kg de solo da área experimental, alocado em uma bacia, foi adicionado o mesmo aos poucos dando leves compactadas para

se assemelhar a condição de campo, quando havia colocado a metade (aproximadamente 3 kg) foi adicionado os cinco sensores (GS3) e adicionado o restante do solo, repetindo o mesmo processo de compactação. Em seguida foi distribuído 3 tensiômetros que realizavam leituras a cada 25 segundos, sendo que o FDR, as leituras foram programadas para cada 1 minuto.

Após a alocação dos tensiômetros e os sensores e, realizado sua programação para efetivação das leituras, foi adiciona água acrescida de sais. Para 1 litro de água foi adicionado 4,64g de cloreto de sódio (sal de cozinha), após a adição verificou-se a condutividade elétrica da água que foi de $10,68 \text{ mS cm}^{-1}$, sendo que a máxima CE utilizada no experimento foi de 10 mS cm^{-1} .

Todos os dias eram retiradas amostras de solo com estrutura indeformada, para determinação da umidade e levadas a estufa, bem como observado a conformidade das leituras até que o tensiômetro não realizasse mais as leituras, ou seja, a quebra da coluna de água. Posteriormente, foi adicionada a mesma quantidade de águas com sais, este processo foi repetido com o intuito de obtenção de dados mais precisos, em virtude do rearranjo das partículas do solo. Sendo que a primeira avaliação deu-se no dia 26/06 ao 02/07 de 2017, enquanto a segunda foi de 02/07 a 10/07 de 2017. De posse dos dados, foi realizado a média dos valores obtidos a cada 1 hora, para posterior calibração do equipamento que contou com o auxílio do Sisvar para determinação dos valores correspondentes aos parâmetros para o solo em estudo, representados no Tabela 16.

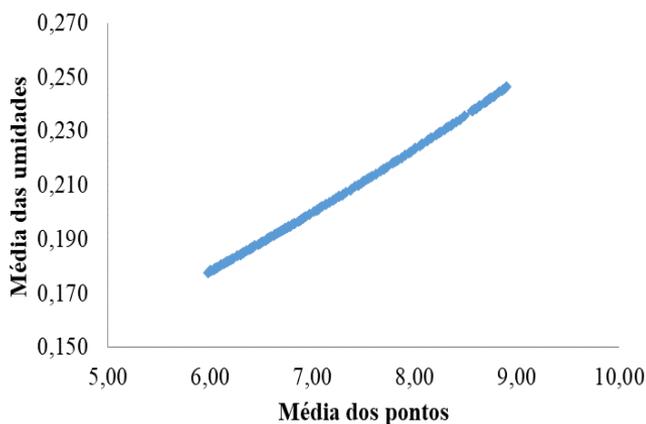
Tabela 19. Valores determinados após calibração do Reflectometria no Domínio de Frequência – FDR, para o Cambissolo, localizado em Apodi/RN.

Constates	Valores determinados
a=	0,040207988
b=	4,26944E-11
c=	1,46286E-05
d=	0,000912899
e=	0,000000000
f=	0,043747023

Fonte: Compilação da Autora (2017).

Na Figura 17, encontra-se representada a curva de calibração do Reflectometria no Domínio de Frequência – FDR, para o solo.

Figura 17. Curva de calibração do Reflectometria no Domínio de Frequência – FDR, para o Cambissolo, localizado em Apodi/RN.



Fonte: Compilação da Autora (2017).

Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo sofre influência, direta, pela distribuição granulométrica das partículas. Para sua determinação foram utilizadas vinte e seis amostras, com estrutura indeformada, coletadas nas seguintes camadas do solo 0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m.

Quanto a efetivação das análises, foram dadas por meio de placas porosas, mesa de tensão e panela de pressão (5, 10, 30, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 200, 300, 500, 1000, 5000, 3 BAR 5 BAR cm). As placas porosas utilizada para baixas tensões até 30 cm, enquanto isso, a mesa de tensão utilizada para aplicação das tensões 60, 80, 100, 120, 140, 160, 200, 300 e 500 cm. Para as tensões mais elevadas foi utilizado as panelas de pressão com 3 BAR 5 BAR. As câmaras de baixa tensão foram usadas para o ponto 100 kPa e de alta tensão para os pontos 500 e 1500 kPa, conforme a metodologia da (Donagema et al., 2011).

APÊNDICE B – IMAGENS DA ÁREA EXPERIMENTAL

