



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Desempenho agronômico de sorgo irrigado com água salina

Leandro Emanuel Mira de Souza

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Desempenho agronômico de sorgo irrigado com água salina

Leandro Emanuel Mira de Souza

Graduando

Orientador: Prof. Eduardo Soares de Souza

Serra Talhada– PE, agosto de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S729d Souza, Leandro Emanuel Mira de
Desempenho agrônomico de sorgo irrigado com água salina /
Leandro Emanuel Mira de Souza. – Serra Talhada, 2018.
44 f.: il.

Orientador: Eduardo Soares de Souza
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em
Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.
Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.

Inclui referências.

1. Forragem. 2. Salinidade. 3. Semiárido. I. Souza, Eduardo
Soares de, orient. II. Título.

CDD 636



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

LEANDRO EMANOEL MIRA DE SOUZA
Graduando

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 21/08/2018

EXAMINADORES

Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza (UFRPE-UAST)

Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite (UFRPE-UAST)

Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa (UFRPE-UAST)

DEDICATÓRIA

Dedico a minha Tia Josefa Mira da Silva e a minha mãe Antônia Mira da Silva pelo apoio, incentivo e por serem minha motivação nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu bom Deus por me dar força e sabedoria para lutar pelos meus objetivos e nunca pensar em desistir, pois ele sempre estará ao meu lado.

Infinitamente aos meus familiares, em especial a minha querida Tia Josefa Mira da Silva e a minha mãe Antônia Mira da Silva por me ajudar nos momentos bons e ruins, dando todo apoio e confiança para seguir essa jornada que não foi fácil.

Aos meus professores, em especial ao meu orientador Prof. Eduardo Soares de Souza, que sem eles eu não me tornaria a pessoa e o profissional que sou hoje.

Ao grupo de estudos em ecologia no semiárido, em especial a Ralison por todo apoio, aos meus amigos da iniciação científica que deram todo apoio necessário para a condução do experimento.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco por permitir o acesso a Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra e disponibilizar a água de rejeito de um dos seus dessalinizadores.

Ao programa de pós-graduação em produção vegetal, por disponibilizar a estrutura para o desenvolvimento do experimento.

A melhor turma “Zootecnia 2013.1” por sermos todos amigos e um sempre está ao lado do outro para ocasião, em especial agradeço a minha amiga/irmã Mery Assis (Merona) por estar ao meu lado em todos os momentos, sendo eles bons ou ruins, ela sempre estava ali, e aos demais conterrâneos Bruno, Caline e Nathaly.

A minha namorada Juliana Maria de Lima Santos por está ao meu lado em todos os momentos, me aconselhando e sendo paciente mesmo nos momentos de estresse.

A UFRPE/UAST.

Aos técnicos do laboratório de química pelo auxílio nas análises.

A Álvaro e Walter por ajudar na coleta da água de rejeito.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização do meu trabalho de conclusão de curso.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRAT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específico	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Instalação e condução experimental	16
3.2 Manejo de irrigação	19
3.3 Biometria do sorgo forrageiro	20
3.4 Transpiração e condutância estomática das plantas	21
3.5 Rendimento de biomassa de sorgo forrageiro	21
3.6 Efeito da irrigação com rejeito salino no solo	21
3.7 Análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 Crescimento do sorgo irrigado com rejeito salino	24
4.2 Transpiração e da condutância estomática do sorgo	30
4.3 Irrigação com rejeito salino na produção do sorgo	32
4.4 Efeito do rejeito salino sobre o solo	37
5. CONCLUSÃO	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reservatório com água de rejeito salino de dessalinizador da Estação Experimental Lauro Bezerra, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco- IPA, em Serra Talhada-PE.	17
Figura 2: Evolução da umidade relativa do ar (A) e da temperatura do ar (B), na área experimental, expressa em valores de máximos, mínimos e médios, medidas de 26/10/2017 a 08/03/2018.	18
Figura 3: Precipitação pluvial na área experimental, de 26/10/2017 a 08/03/2018.	19
Figura 4: biometria de sorgo irrigado com água de rejeito salino: altura de planta (A) e diâmetro do colmo (B).	20
Figura 5: Medições da transpiração e da condutância estomática com porômetro em plantas de sorgo irrigadas com água salina.	21
Figura 6: Determinação da Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo (CEes). Pasta do solo em funil de porcelana e sob ação da bomba de vácuo para obtenção do extrato (A) e o Condutímetro de bancada (B).	22
Figura 7: Taxa de sobrevivência (TS) de plantas de sorgo aos 90 e 120 DAE submetidas a irrigação com rejeito salino. DAE: dias após a emergência, T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Con: Irrigado com água potável (sem rejeito salino).	23
Figura 8: Altura de plantas de sorgo em função do início da irrigação com rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.	25
Figura 9: Altura de plantas de sorgo em função da concentração de rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.	25
Figura 10: Interação entre os fatores e o controle na altura de plantas de sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).	26

Figura 11: Influência do início da irrigação com rejeito salino no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. 27

Figura 12: Influência da concentração do rejeito salino no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. 27

Figura 13: Interação entre os fatores e o controle no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 28

Figura 14: Interação entre os fatores e o controle no Número de Folhas Vivas (NFV). Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 29

Figura 15: Número de Folhas Vivas por Perfilho secundário em função do início da irrigação com rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. 30

Figura 16: Interação entre os fatores e o controle na transpiração do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 31

Figura 17: Interação entre os fatores e o controle na condutância estomática do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 32

Figura 18: Interação entre os fatores e o controle na Matéria Seca Total do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE,

T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 34

Figura 19: Interação entre os fatores e o controle na Matéria Seca da parte aérea. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 34

Figura 20: Interação entre os fatores e o controle na matéria natural da parte aérea do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 35

Figura 21. Interação entre os fatores e o controle na matéria seca da raiz do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 36

Figura 22: Interação entre os fatores e o controle na condutividade elétrica da pasta do extrato de saturação do solo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino). 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas da camada de 0-20 do Cambissolo utilizado no experimento.	17
Tabela 2 Comparação de médias das variáveis biométricas do sorgo submetido a irrigação com rejeito salino em diferentes épocas (Teste F).	24
Tabela 3. Comparação de médias (teste F) da transpiração e condutância estomática do sorgo submetido a irrigação com rejeito salino em diferentes épocas.	30
Tabela 4. Comparação de médias das variáveis produtivas (g.vaso^{-1}) do sorgo submetido a irrigação com água de rejeito salino com diferentes inícios da irrigação (Teste F)	33

RESUMO

A utilização de água de reuso, apesar das características indesejáveis devido a salinidade da água, é uma prática cada vez mais utilizada para a produção de forragem no semiárido. O seu uso indiscriminado pode comprometer a produção de forragem como também causar grandes danos ao meio ambiente. É preciso desenvolver técnicas que proporcionem uma produção significativa de forragem, mas também minimizem a salinização dos solos com o reuso dessas águas. Por esta razão, objetivou-se avaliar o desempenho de plantas de sorgo irrigado com rejeito salino, acompanhando a transpiração e a condutância estomática em diferentes estádios de crescimento, bem como a sua produção. O experimento foi realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em um esquema fatorial $3 \times 2 + 1$ com 3 repetições, onde o fator 1 foi a época de início da irrigação com água de rejeito (15, 30 e 45 dias após a emergência), o fator 2 foi as concentrações do rejeito (50 e 100% do rejeito salino). O presente trabalho mostrou que para o crescimento do sorgo, o início da irrigação aos 45 dias após a emergência e a diluição de 50% de rejeito apresentaram melhores resultados. Para a acumulo de matéria seca todos os tratamentos foram inferiores ao controle, enquanto que a matéria natural da parte aérea com o início da irrigação aos 45 dias independente do rejeito e aos 30 dias com 50% de rejeito foram semelhantes ao controle. Para a transpiração os tratamentos com 100% de rejeito salinos com início de irrigação aos 30 e 45 dias após a emergência e o tratamento com 50% do rejeito iniciado a irrigação aos 45 dias após a emergência não diferiram do controle, e para a condutância apenas o tratamento com 50% do rejeito iniciado a irrigação aos 45 dias após a emergência não diferiu do controle. Por tanto, é indicado iniciar a irrigação com água de rejeito na concentração de 50% rejeito e 50% água potável aos 45 dias após a emergência.

Palavras chave: Desenvolvimento, forragem, produção, salinidade, semiárido

ABSTRAT

The use of reuse water, despite the undesirable characteristics due to salinity of the water, is a practice increasingly used for the production of forage in the semiarid. Its indiscriminate use can compromise the production of fodder as well as cause great damage to the environment. It is necessary to develop techniques that provide a significant production of fodder, but also to minimize the salinization of the soils with the reuse of these waters. For this reason, the objective was to evaluate the performance of sorghum plants irrigated with saline tail, following the transpiration and the stomatal conductance at different stages of growth, as well as their production. The experiment was carried out at the Serra Talhada Academic Unit, in a $3 \times 2 + 1$ factorial scheme with 3 replications, where factor 1 was the time of beginning of irrigation with waste water (15, 30 and 45 days after emergence), Factor 2 was the concentrations of the reject (50 and 100% of the salt reject). The present work showed that for the sorghum growth, the beginning of irrigation at 45 days after emergence and the dilution of 50% of reject presented better results. For the dry matter accumulation all treatments were inferior to the control, while the natural matter of the aerial part with the beginning of the irrigation at 45 days independent of the reject and at the 30 days with 50% of the reject were similar to the control. For transpiration treatments with 100% saline reject with irrigation start at 30 and 45 days after emergence and treatment with 50% of the reject initiated at 45 days after emergence did not differ from control, and for conductance only treatment with 50% of the reject started at 45 days after emergence did not differ from the control. Therefore, it is advisable to start irrigation with reject water at 50% reject concentration and 50% potable water at 45 days after emergence.

Key words: Development, forage, production, salinity, semi-arid

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil é caracterizada como um sistema hidrológico limitante, por possuir baixas precipitações pluviárias anuais com alta variabilidade espaço-temporal, além de evapotranspirações permanentemente altas (ALLISON & HUGHES, 1983). Essas condições associadas ao tipo de rocha e solo favorecem a acumulação de sais na superfície do solo e ainda limitam a disponibilidade de água de boa qualidade, tornando fundamental o aproveitamento de águas salinas, encontradas em diversos açudes e poços perfurados nessa região (COELHO, 2013).

O suprimento de água de boa qualidade nessas regiões pode não ser suficiente para a manutenção da agricultura irrigada, ou representar um custo bastante elevado, buscando-se assim, o uso de água do lençol freático como alternativa. No entanto, geralmente, essas águas não são de boa qualidade e precisam ser bem manejadas para evitar a degradação dos solos e prejuízos ao desenvolvimento das culturas. Pois, o excesso de sais no solo diminui a disponibilidade de água para as plantas, além de promover problemas como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, a tal ponto de afetar seu desempenho e a qualidade de sua produção (DIAS et al., 2003).

A utilização de águas subterrâneas, por meio da perfuração de poços, é uma alternativa para aumentar a disponibilidade de água para irrigação. Contudo, ocorre uma limitação na utilização das águas subterrâneas, que é o elevado teor de sais dissolvidos (SANTOS et al., 2011).

O aproveitamento de águas salinas vem sendo utilizada como uma alternativa para a produção geral de culturas, principalmente em áreas que a disponibilidade de água de boa qualidade é mínima e os níveis de precipitação pluviária são insuficientes para manter uma agricultura sustentável (OLIVEIRA et al., 2010).

Águas salinas podem ser avaliadas a partir da determinação da concentração de cátions e ânions, do pH e da condutividade elétrica (CE). A CE é o parâmetro mais empregado para expressar a concentração de sais solúveis na água que corresponde à medida da capacidade de uma água em conduzir eletricidade, sendo aumentada à medida que a concentração de sais se elevam, enquanto que a relação de adsorção de sódio (RAS) expressa a quantidade relativa de sódio que é adsorvida pelas partículas do solo quando a água é aplicada ao mesmo (LACERDA et al., 2010).

Dessalinizadores surgem como alternativa para tornar potável as águas subterrâneas salinas. O processo de dessalinização predominantemente utilizado é o de osmose

reversa, onde a água salina é forçada a passar por diferentes membranas semipermeáveis, que retêm a maior parte dos íons (CIRILO et al., 2008). Apesar desse método se mostrar eficiente na melhoria da qualidade da água, o mesmo produz um rejeito com alta concentração de sais.

A mistura de água salina com de boa qualidade é uma das possibilidades para o uso dessas águas, caracterizando um manejo estratégico para incentivar o aproveitamento na produção vegetal em épocas com estiagem prolongadas na região. Esta pode ser mais uma opção para assegurar a exploração racional dos recursos hídricos para a produção agrícola no Semiárido, fixando o homem a terra e evitando o êxodo rural (MENDES et al., 2008).

Diante da quantidade de dessalinizadores de osmose reversa em operação, estudos que apontem formas de reaproveitar o rejeito em atividades agropecuárias são de extrema importância. Tão importante quanto o reuso de água na agricultura, para conservação dos recursos hídricos é a escolha das espécies vegetais a serem cultivadas sob irrigação, de forma que se deve sempre dar preferência para espécies adaptadas ao ecossistema e que proporcionem altas produtividades com menor volume de água consumido.

A utilização de espécies que toleram a salinidade é considerada uma alternativa viável para produção agrícola, onde na maioria das vezes esse problema é inevitável. A capacidade de algumas plantas conseguirem tolerar o excesso de sais está relacionada aos diferentes mecanismos que são desenvolvidos para diminuir seus efeitos negativos sobre o metabolismo (PARVAIZ; SATYAWATI, 2008).

Dentre o grupo de plantas cultivadas na região semiárida é comum o uso de irrigação em forrageiras, visando aumentar a produtividade das mesmas, e proporcionar uma maior oferta de alimento para os rebanhos em longos períodos de estiagem. No meio de tantas espécies forrageiras, pode-se destacar o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), que por ser uma gramínea de origem tropical e que apresenta características xerófilas, desenvolveu mecanismos eficientes de tolerância à seca. Por pertencer ao grupo de plantas C4, essa espécie suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, mesmo em condições de limitação na disponibilidade de CO₂, a partir do mecanismo de fechamento dos estômatos para minimizar a perda de água. Além dessas características, o sorgo tem sido reconhecido por sua moderada tolerância ao estresse salino (VIEIRA et al., 2005).

O sorgo para alcançar altas produtividades, requer dias e noites quentes, com temperaturas médias acima de 25°C, atingindo a maturidade entre 90 e 140 dias. É uma

espécie indicada para regiões que apresentam regime hídrico limitado com precipitações variando de 400 a 600 mm por ano ou menos (SILVA et al., 2003).

A capacidade das plantas em tolerar o excesso de sais, está relacionada aos diferentes mecanismos que são desenvolvidos para minimizar seus efeitos negativos, sobre o metabolismo vegetal (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008). Como principais efeitos da salinidade na planta, podemos citar os efeitos dos íons Na^+ e Cl^- sobre processos fisiológicos importantes da planta e à redução do potencial osmótico do solo, a qual pode induzir condições de estresse hídrico (CRUZ et al., 2006). Dentre as principais consequências observadas a partir do acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nas folhas pode-se citar necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002).

Segundo Munns (2005) a inibição do crescimento das plantas sob condições salinas ocorre na maioria das vezes devido ao déficit hídrico provocado pela redução do potencial osmótico do solo, ou pelo efeito causado pelo acúmulo de determinados íons no protoplasma, podendo causar problemas de toxicidade iônica, deficiências nutricionais ou ambos.

Em situações de estresse em um curto período de duração observa-se normalmente a predominância do efeito osmótico dos sais, fazendo com que o potencial hídrico do ambiente radicular seja diminuído e dificulte ou para por completo a absorção de água; já em estresses à longa duração, é possível que os íons se acumulem e provoquem toxidez, provocando distúrbios metabólicos e nutricionais nas plantas (MUNNS, 2002).

Como consequência ao estresse salino, as plantas podem reduzir a sua taxa fotossintética devido à diminuição da condutância estomática, limitando a disponibilidade de CO_2 ou por interferir na produção de pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas (JAMIL et al., 2007); além de apresentar perturbações no sistema enzimático responsável pela produção e distribuição de fotoassimilados (MUNNS; TESTER, 2008).

Diante do contexto e visando contribuir com o manejo estratégico para a produção forragem no semiárido, o presente trabalho tem como finalidade mostrar os efeitos da irrigação com rejeito salino em diferentes estádios fenológicos na cultura do sorgo.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar o crescimento, a produção, a transpiração e a condutância estomática de plantas de sorgo irrigadas, aplicando-se o rejeito salino em diferentes momentos.

2.2 Específico

- Avaliar o desempenho da cultura do sorgo quando irrigada com água de rejeito salino diluído em diferentes proporções;

- Estabelecer critérios para manejar a água de rejeito de dessalinizadores;

- Caracterizar as respostas fisiológicas (transpiração e condutância estomática) em plantas de sorgo sob estresse salino;

- Avaliar o efeito da irrigação em diferentes estádios de crescimento, como forma de manejar a água salina.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE/UAST, situadas no município de Serra Talhada – PE (7° 59' 31" S e 38° 17' 59" O, 430 m). O experimento foi realizado em vasos com capacidade para 20 litros, distribuídos em espaçamento de 40 x 40 cm, cultivados com sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* [L. Moench.]) cultivar SF-15.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2)+1, com três repetições, sendo o primeiro fator o dia inicial da aplicação do rejeito salino (15, 30 e 45 dias após emergência (DAE)), e o segundo fator as irrigações com 50 e 100% de rejeito salino, mais o controle (irrigado com água potável), resultando em 21 unidades experimentais. As lâminas de irrigações foram programadas para manter o solo com 100% da água disponível.

Os valores extremos da condutividade elétrica (CE) foram iguais a 0,6 e 4,8 dS.m⁻¹ para as águas do controle e de rejeito, respectivamente. Os valores de CE permitiram classificar as águas de irrigação quanto ao risco de salinização do solo conforme Ayers e Westcot (1991), onde a água de irrigação utilizada como controle que apresentava 0% de rejeito salino (CE = 0,6 dS.m⁻¹) apresentou nenhum risco; a água de irrigação diluída 50% água potável e 50% rejeito (CE = 2,6 dS.m⁻¹) risco moderado; e água de irrigação com 100% de rejeito salino (CE = 4,8 dS.m⁻¹) com risco severo de salinização do solo.

3.1 Instalação e condução experimental

Os vasos foram preenchidos com brita (3,15 Kg) e material coletado na superfície (camada de 0-20 cm) de um Cambissolo Háplico (19,760 Kg) nas dependências da UFRPE/UAST. O solo foi destorroado, passado em peneira com malha de 4 mm, procedendo-se com homogeneamento para em seguida realizar o preenchimento dos vasos. Foram semeadas cinco sementes por vaso e aos 15 dias, após a emergência (DAE) do sorgo, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso, onde deu-se início a aplicação dos tratamentos.

Na Tabela 1 estão presentes as análises físicas e químicas do solo utilizado no experimento. Os valores de nutrientes estão adequados, não sendo necessário realizar adubação de fundação.

Tabela 1. Características físicas e químicas da camada de 0-20 do solo utilizado no experimento.

Prof. (cm)	pH	CE dS m ⁻¹	P mg dm ⁻³	Fe	K	Ca	Na	Al	H	M.O	Are.	Sil.	Arg.	Ds
					cmol _c dm ⁻³						%			gcm ⁻³
0-20	7,1	0,55	36	43	0,68	1,30	0,27	0,0	1,0	0,88	72,2	17,2	10,5	1,66

Prof- profundidade; pH- potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica do extrato; P – fósforo; Fe – ferro; K – potássio; Ca – cálcio; Na – sódio; Al – Alumínio; H – hidrogênio; M.O – matéria orgânica; Are – areia; Sil – silte, Arg – argila; Ds – densidade do solo.

O rejeito salino foi coletado diretamente do reservatório de armazenamento do resíduo do dessalinizador (Figura 1), localizado na Estação Experimental Dr. Lauro Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Serra Talhada-PE.



Figura 1: Reservatório com água de rejeito salino de dessalinizador da Estação Experimental Lauro Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, em Serra Talhada-PE.

Após os fatores serem intercalados, surgiram seis tratamentos e um controle, que ficaram da seguinte forma:

- T1 - Tratamento com 50% de rejeito e início da irrigação aos 15 DAE;
- T2 - Tratamento 2 com 100% de rejeito e início da irrigação aos 15 DAE;
- T3 - Tratamento 3 com 50% de rejeito e início da irrigação aos 30 DAE;
- T4 - Tratamento 4 com 100% de rejeito e início da irrigação aos 30 DAE;
- T5 - Tratamento 5 com 50% de rejeito e início da irrigação aos 45 DAE;
- T6 - Tratamento 6 com 100% de rejeito e início da irrigação aos 45 DAE;
- Con - Controle irrigado com água potável (sem rejeito salino).

No início do experimento foi observado nas plantas sinais de deficiência de Nitrogênio, e para solucionar esse problema foi realizado uma adubação de cobertura aos 30 DAE, seguindo a recomendação do IPA para a cultura do sorgo, que era de 60 Kg/ha de N, para essa adubação foi utilizado a ureia como fonte de N e aplicada de forma diluída em água.

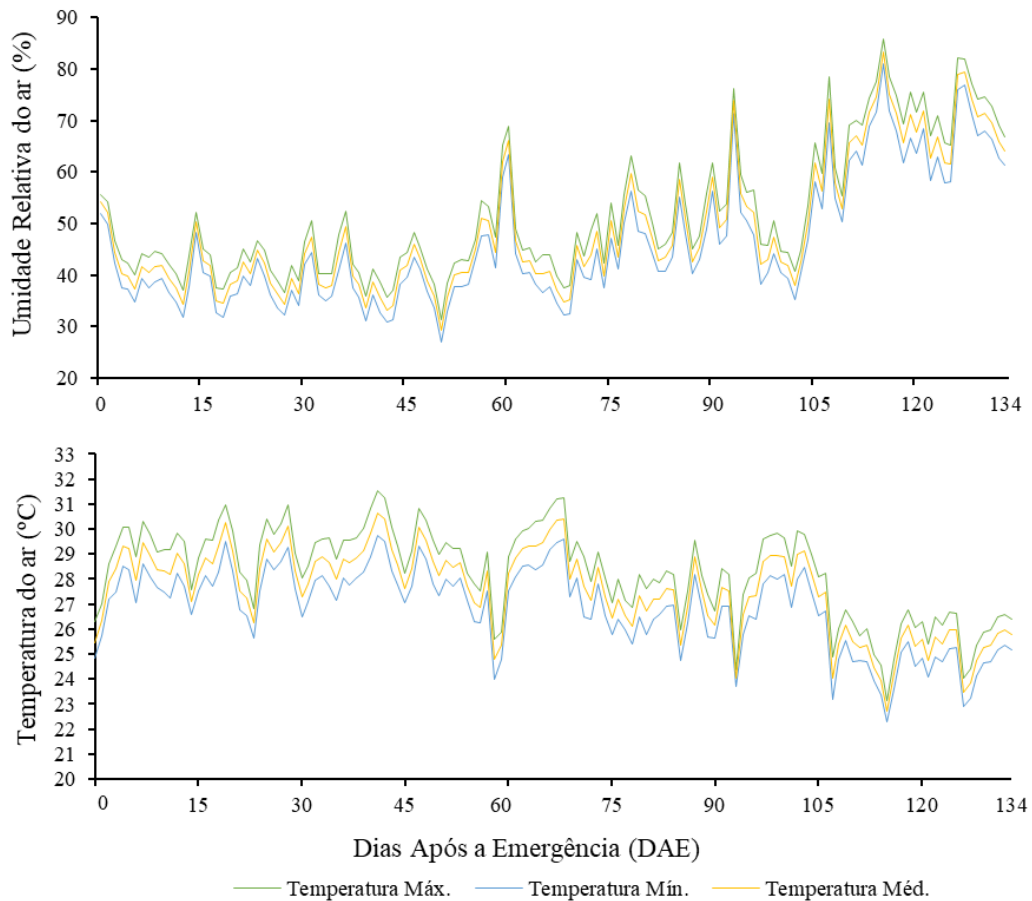


Figura 2: Evolução da umidade relativa do ar (A) e da temperatura do ar (B), na área experimental, expressa em valores de máximos, mínimos e médios, medidas de 26/10/2017 a 08/03/2018.

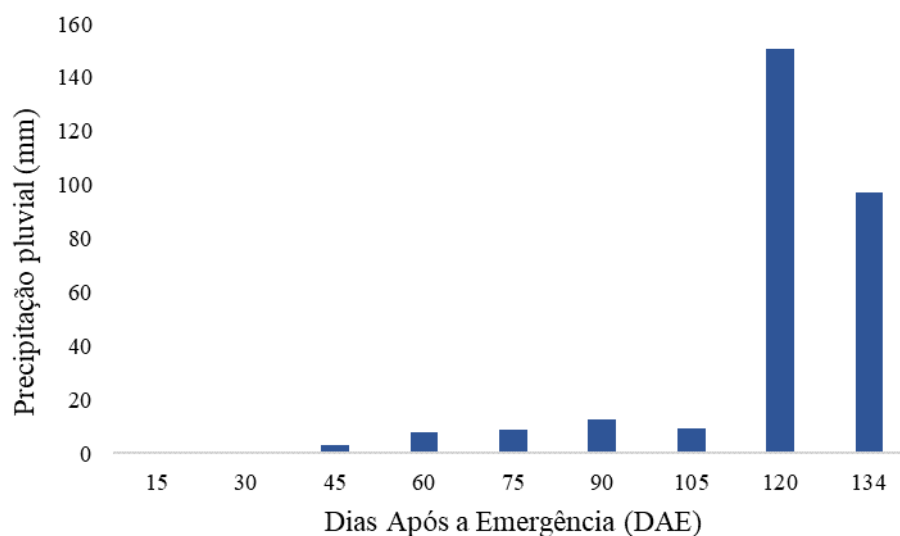


Figura 3: Precipitação pluvial na área experimental, de 26/10/2017 a 08/03/2018.

3.2 Manejo de irrigação

Antes de iniciar o experimento foi determinado a capacidade de vaso seguindo a metodologia proposta por Casaroli e Van Lier (2008) que consistiu em colocar três vasos em uma caixa com água que cobrisse dois terços do vaso, promovendo a saturação do solo. Após a saturação, os vasos foram cobertos com papel filme para que a água perdida fosse apenas por drenagem, e a massa dos vasos foi monitorada a cada 12 horas até atingir valor constante, e através da diferença entre a massa inicial e final, determinou-se o volume máximo de água que os vasos suportavam, cujo resultado foi igual a 3,450 l (valor médio). Para auxiliar na metodologia empregada para a realização da irrigação, a massa total do vaso foi determinada admitindo-se todos os constituintes (balde + brita + solo + água) dando um valor de 26,740 kg.

As irrigações foram efetuadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta) turno de rega de 48 horas com o auxílio de uma balança que permitia saber a quantidade exata de água evapotranspirada através da diferença entre a massa total do vaso (26,740 Kg) e a massa do vaso no momento da irrigação, indicando a reposição de todo volume no momento da irrigação, mantendo a parcela sempre com 100% da capacidade de vaso, evitando assim que as plantas passassem por estresse hídrico.

3.3 Biometria do sorgo

Após o início da aplicação dos tratamentos, foram realizadas as medidas das variáveis biométricas (Figura 4): altura de planta, comprimento de colmo, diâmetro de colmo, número de folhas vivas (folhas com menos de 50% de sua área foliar comprometida), número de folhas mortas (folhas com mais de 50% de sua área foliar comprometida), número de perfilhos secundários, número de folhas vivas por perfilho secundário e número de folhas mortas por perfilho secundário. A altura de plantas foi determinada, medindo-se do colo da planta até a curvatura da última folha completamente formada. O comprimento do colmo, considerou-se a distância do colo até o último nó do perfilho primário. O diâmetro do colmo, medida a 3 cm do colo do perfilho primário, com auxílio de um paquímetro. Número de folhas vivas, contando-se as folhas vivas do perfilho primário. Número de folhas mortas, contando-se as folhas mortas do perfilho primário. Número de folhas vivas por perfilho, contando-se as folhas vivas nos perfilhos secundários dividido pelo número de perfilhos secundários, e Número de folhas mortas por perfilho é o número de folhas mortas nos perfilhos secundários dividido pelo número de perfilhos secundários.



Figura 4: biometria de sorgo irrigado com água de rejeito salino: altura de planta (A) e diâmetro do colmo (B).

3.4 Transpiração e condutância estomática das plantas

Assim como as medidas biométricas, as fisiológicas (transpiração e condutância estomática) foram realizadas na terceira folha totalmente formada, através do porômetro portátil de equilíbrio dinâmico (modelo Li 1600, Licor, Nebraska, USA), sob condições de luz e CO₂ ambiente as 10:00 horas da manhã (Figura 5).



Figura 5: Medições da transpiração e da condutância estomática com porômetro em plantas de sorgo irrigadas com água salina.

3.5 Rendimento de biomassa de sorgo forrageiro

Quando as plantas de sorgo atingiram o ponto de silagem (50% dos grãos leitosos e 50% farináceo), foram colhidas e separadas em panícula, folhas, colmo, perfilho e raiz obtendo-se a massa fresca de cada parte que compõe a planta e a total. Após pesagem da massa fresca, o material vegetal seguiu para estufa de circulação forçada, onde ficaram por 48 horas a 70 °C (TEDESCO et al., 1995), obtendo-se a massa seca de cada parte da planta e a total. Determinando a fitomassa da parte aérea na matéria seca, fitomassa da parte aérea na matéria natural, matéria seca total e matéria seca da raiz.

3.6 Influência da irrigação com água salina sobre o solo após eventos chuvosos

Para avaliar o impacto da irrigação com água de rejeito no solo foi determinado a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEs). Essa análise foi realizada a partir das amostras de solo coletadas em cada parcela no final do experimento. Para a obtenção dos extratos da pasta de saturação, foram pesados 500 g de cada amostra em

recipientes, adicionando-se água destilada até que atingisse o ponto de pasta de saturação, representado pelo aspecto espelhado e deslizamento da pasta da espátula (Richards, 1954). Em seguida, a pasta foi deixada em descanso por 12 horas, para que os sais do solo fossem carregados para a solução do solo, sendo em seguida colocada em bomba de vácuo para extrair a solução e por fim, determinar a Condutividade Elétrica (CE) com um condutivímetro (Figura 6).

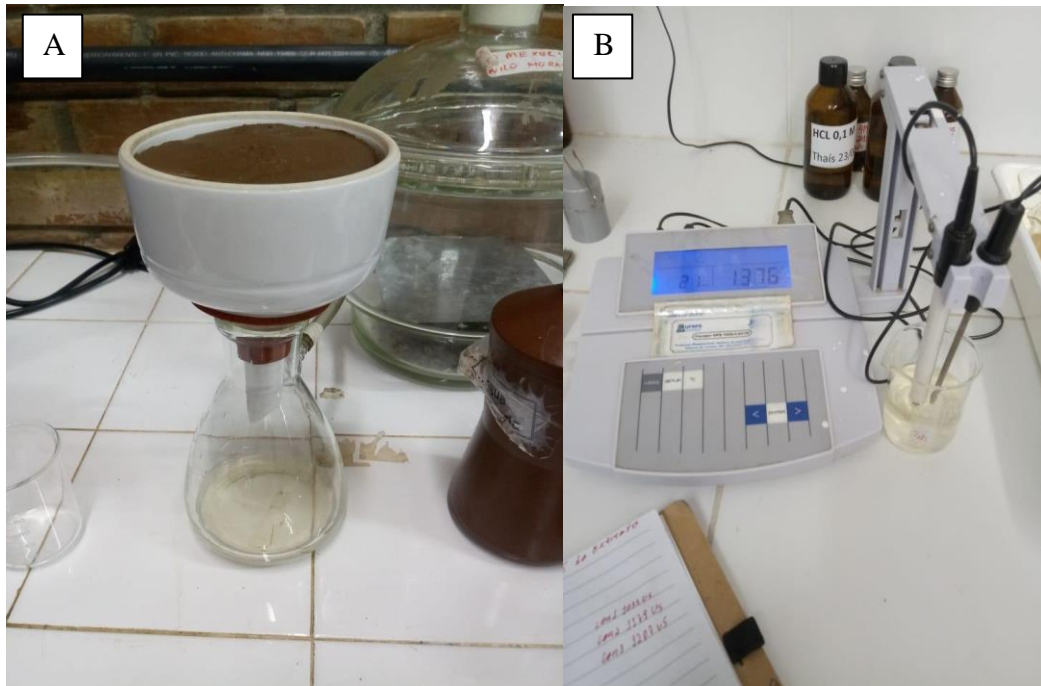


Figura 6: Determinação da Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo (CEEs). Pasta do solo em funil de porcelana e sob ação da bomba de vácuo para obtenção do extrato (A) e o Condutivímetro de bancada (B).

3.7 Análise estatística

As análises estatísticas utilizadas foram o teste F para a comparação de médias e identificação de possíveis diferenças significativas, teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade para comparar as variáveis individualmente, e o teste de Dunnett ao nível 5% de probabilidade para avaliar a interação entre os tratamentos e o controle. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados meteorológicos monitorados durante o período experimental estão presentes nas Figuras 2 e 3, mostrando que ocorreu eventos chuvosos mais expressivos no terço final do experimento, acumulando uma lâmina de 290 mm, esse fato pode ter influenciado as variáveis coletadas ao final do ensaio (biomassa do sorgo e CEEs do solo) em virtude da lixiviação dos sais presentes no solo. A temperatura do ar média foi de 27,5 °C durante o período de experimento, tal variável é citada por Silva et al., (2003) que afirmam que a temperatura do ar ideal para o desenvolvimento do sorgo é acima de 25°C. A umidade relativa do ar média foi de 49%, com mínimas chegando até 10%.

O experimento durou 134 dias (26/10/2017 a 08/03/2018), porém com o decorrer do tempo, as plantas de algumas parcelas sob tratamentos com rejeito salino não sobreviveram, interferindo nas análises e interpretação que tiveram que adequar-se à essas condições. A Figura 7 mostra a taxa de sobrevivência das plantas de sorgo no decorrer do experimento para os diferentes tratamentos com rejeito salino.

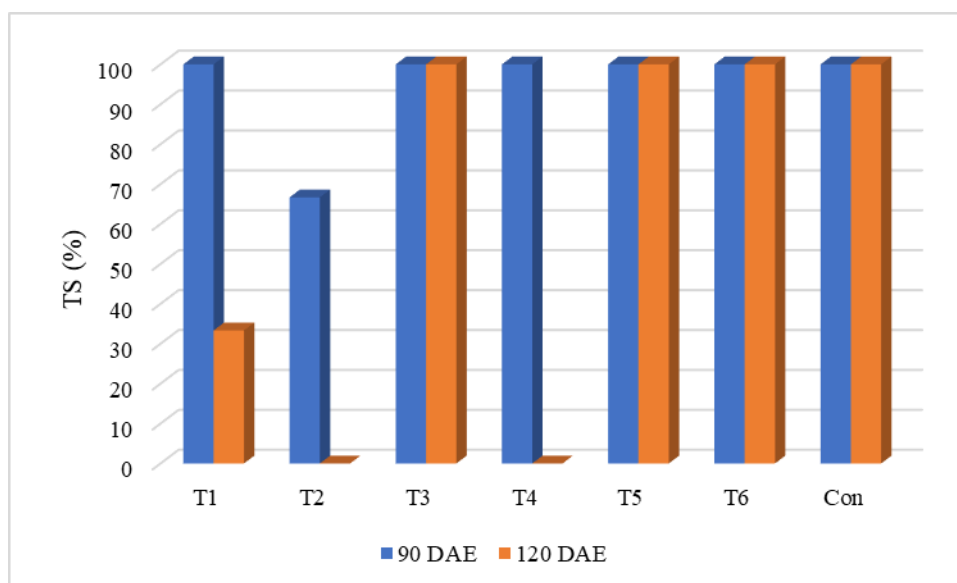


Figura 7: Taxa de sobrevivência (TS) de plantas de sorgo aos 90 e 120 DAE submetidas a irrigação com rejeito salino. DAE: dias após a emergência, T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Con: Irrigado com água potável (sem rejeito salino).

Até os 60 DAE a taxa de sobrevivência foi de 100% para todos os tratamentos. O tratamento T2 começou a diminuir a TS aos 90 DAE, apresentando apenas 67% de sobrevivência, enquanto que os tratamentos T1, T3, T4, T5 e T6 e o controle mantiveram-

se com 100% de taxas de sobrevivência. Aos 120 DAE, os tratamentos T1 reduziram a taxa de sobrevivência, com 33% das plantas superando o período de estresse salino, enquanto que os tratamentos T2 e T4 já não tinham mais plantas. Os tratamentos T3, T5 e T6 foram os únicos a se igualarem ao controle e mantiveram-se com 100% de taxa de sobrevivência.

Segundo Dias e Blanco (2010) com o excesso de sais na solução do solo, a pressão osmótica também aumenta, impedindo que a planta consiga retirar água e consequentemente nutrientes para se manter viva, assim causando um processo denominado de seca fisiológica.

4.1 Desenvolvimento do sorgo irrigado com rejeito salino

Todas as variáveis analisadas foram submetidas a análise de variância para a identificação de diferenças significativas na interação entre os fatores, na interação entre os fatores e o controle, e para os fatores analisados individualmente. Os resultados do Teste F aplicado para a comparação de médias são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Comparação de médias das variáveis biométricas do sorgo submetido a irrigação com rejeito salino em diferentes épocas (Teste F).

Fonte variação	AP	CC	DC	NFV	NFM	NPS	NFVPS	NFMPS
IR (F1)	38.31**	11.56**	1.58ns	2.13ns	1.01ns	1.61ns	6,02*	0.88ns
RS (F2)	13.27**	7.92*	4.06ns	1.72ns	1.11ns	0.31ns	0,02ns	2,50ns
Int. F1 x F2	0.78 ns	0.09ns	1.26ns	0.48ns	1.54ns	0.31ns	0.03ns	0,48ns
Fat. X con	36.70 **	30.69**	5.22ns	12.01**	0.62ns	0.00ns	0.18ns	2,28ns
CV (%)	15,62	24.60	11,07	13.50	9.78	39.33	33,05	28,79

IR: Início da irrigação; RS: Rejeito salino; Int: interação; F1: fator 1; F2: fator 2; Fat: fatores; Con: Controle; AP: altura de planta; AC: comprimento de colmo; DC: diâmetro do colmo; NFV: número de folhas vivas; NFM: número de folhas mortas; NP: número de perfilhos; NFVP: número de folhas vivas por perfilhos; NFMP: número de folhas mortas por perfilhos; Inter.: interação; Trat.: tratamentos CV: Coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns: não significativo.

A altura de planta foi analisada aos 81 DAE, não apresentando interação entre os fatores, no entanto houve diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator início da irrigação com água salina, rejeito salino e interação entre os fatores e o controle, como mostra o Teste F (Tabela 2).

Analisando os fatores individualmente, a altura de plantas de sorgo irrigadas com rejeito salino a partir dos 45 DAE foi diferente ($p < 0,01$) daquelas iniciadas aos 15 e 30 DAE (Figura 8). A altura de plantas de sorgo irrigadas com 50% do jeito salino foi superior ($p < 0,01$) aquelas irrigadas com 100% de rejeito, independente do início da irrigação (Figura 9).

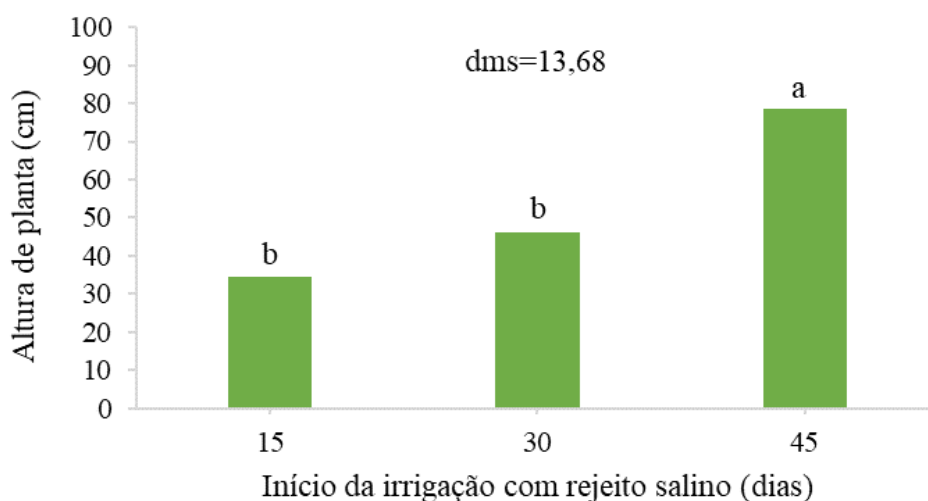


Figura 8: Altura de plantas de sorgo em função do início da irrigação com rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

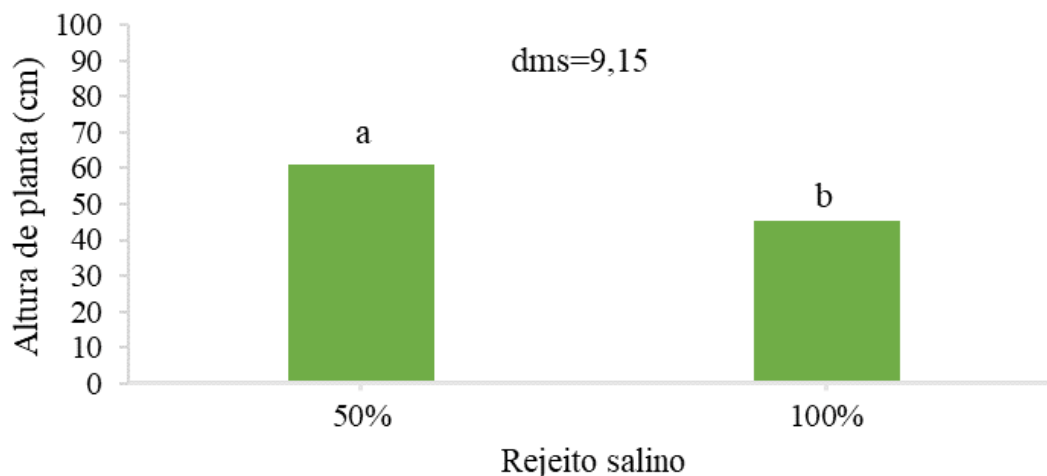


Figura 9: Altura de plantas de sorgo em função da concentração de rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

A altura de plantas só se assemelhou ao controle quando foram tardiamente irrigadas (45 DAE) para ambas as condições do rejeito salino (50 e 100%). Por outro lado,

a altura de planta com irrigações iniciadas dos 15 aos 30 DAE, para ambas condições do rejeito salino (50 e 100%) foram menores ($p < 0,05$) que aquelas iniciadas tardiamente (T5 e T6) e ao controle (Figura 10). Nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 a altura de planta diminuiu com relação ao controle em 53, 68, 34 e 60%, respectivamente.

Segundo Taiz et al. (2017) o efeito da salinidade na altura das plantas está relacionado à diminuição do potencial hídrico em consequência do aumento do potencial osmótico do solo, em virtude do acúmulo de sais no solo, promovendo a limitação na absorção de água pelas raízes, interferindo diretamente nos processos de alongamento, divisão celular e conseqüentemente no crescimento das plantas.

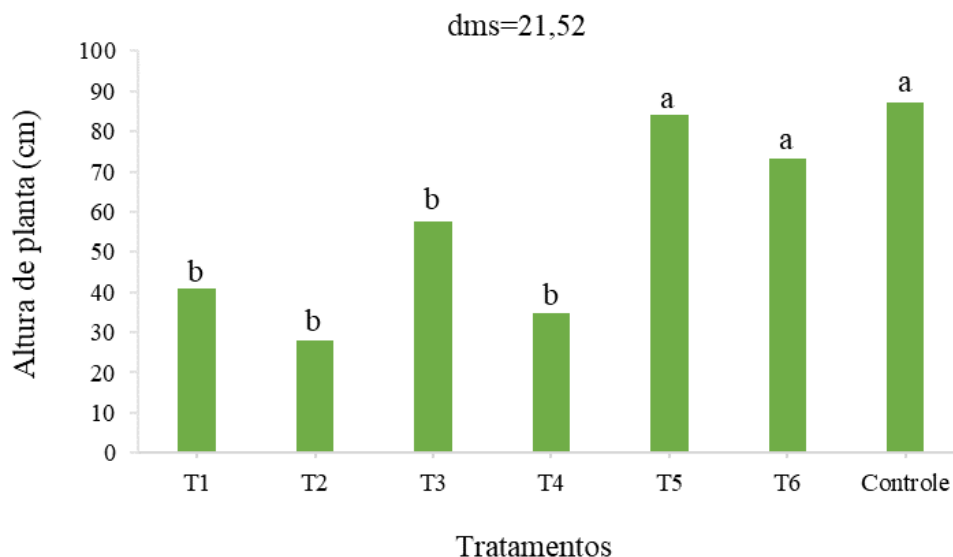


Figura 10: Interação entre os fatores e o controle na altura de plantas de sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

A comprimento do colmo foi analisada aos 81 DAE, essa variável não apresentou interação entre os fatores, porém, houve diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator início da irrigação com rejeito salino e para a interação entre os tratamentos e o controle, já o fator rejeito salino diferiu a ($p < 0,05$), conforme Teste F (Tabela 2).

Analisando os fatores individualmente, a comprimento de colmo das plantas irrigadas com rejeito salino aos 45 DAE diferiu daquelas irrigadas a partir dos 15 e 30 DAE (Figura 11).

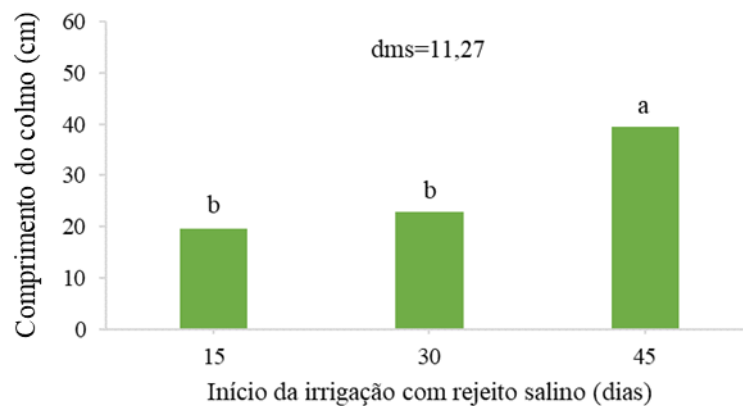


Figura 11: Influência do início da irrigação com rejeito salino no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O comprimento do colmo das plantas irrigadas com o rejeito salino na diluição de 50% foi superior quando comparado ao mantido com 100% (Figura 12), correspondendo a um aumento de 45% no desenvolvimento do colmo.

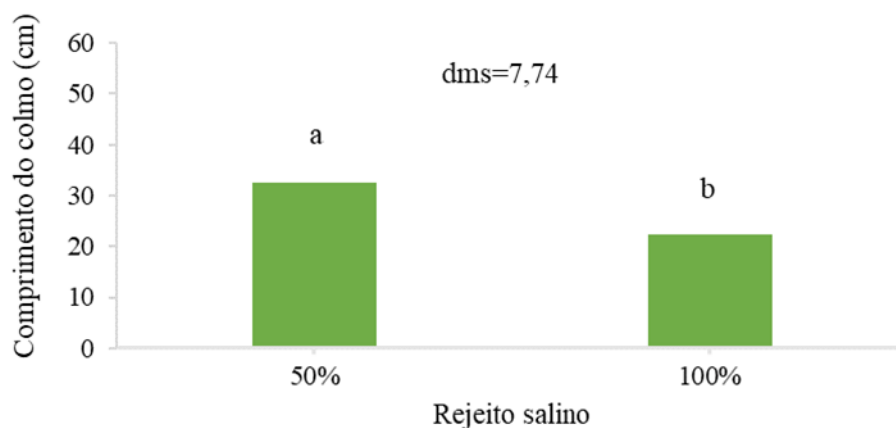


Figura 12: Influência da concentração do rejeito salino no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O comprimento do colmo das plantas do controle foi diferente de todos os tratamentos, exceto do tratamento T5 (Figura 13). A irrigação com alta concentração de sais (100% de rejeito salino), mesmo iniciada tardiamente, foi prejudicial à altura do colmo, apresentando valores significativamente menores (33%) que aquelas plantas irrigadas aos 45 DAE com 50 % de rejeito.

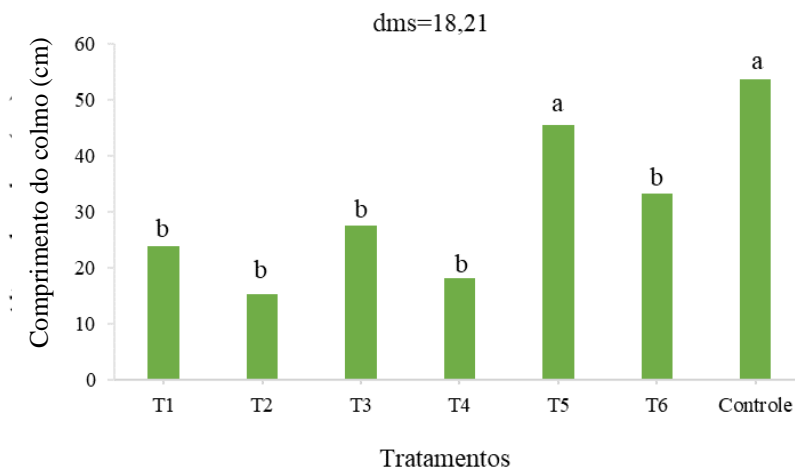


Figura 13: Interação entre os fatores e o controle no comprimento de colmo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

Aos 74 DAE, na análise do NFV, não foi encontrado diferença na interação entre os fatores, nem quando os fatores foram analisados individualmente, apresentando diferença ($p < 0,05$) apenas entre os tratamentos e o controle (Figura 14). Os tratamentos T2 e T4 foram diferentes do controle e dos demais tratamentos, com ambos apresentando o menor número de folhas vivas. Isso é explicado pelo grande acúmulo de íons de Na^+ e Cl^- no solo, que promove a necrose e acelera a senescência das folhas (Munns, 2002).

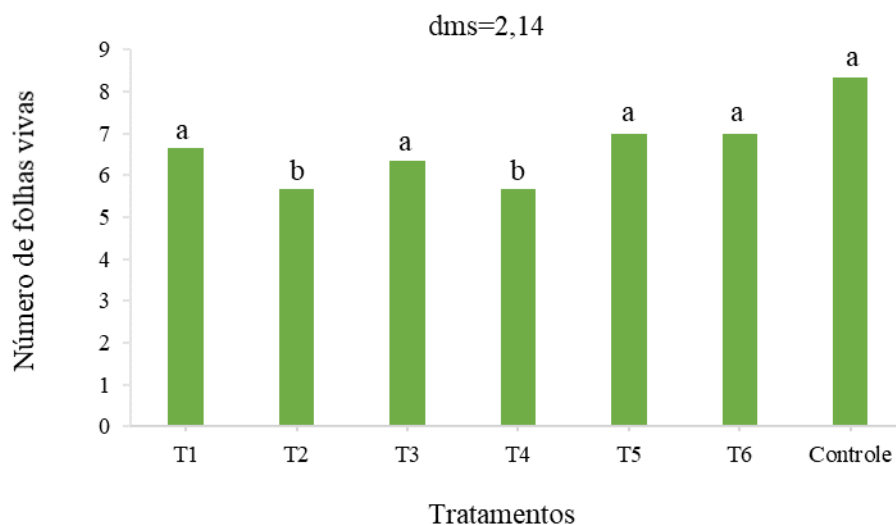


Figura 14: Interação entre os fatores e o controle no Número de Folhas Vivas (NFV). Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

Assim como o NFV, o NFVPS também foi avaliado aos 74 DAE, sem apresentar interações entre os fatores, nem diferença significativa para o fator rejeito salino e interação entre os fatores e o controle, porém foi identificado diferença ($p < 0,05$) para o fator início da irrigação (Tabela 2), onde o NFVP foi maior para os inícios de irrigação aos 15 e 30 dias (Figura 15).

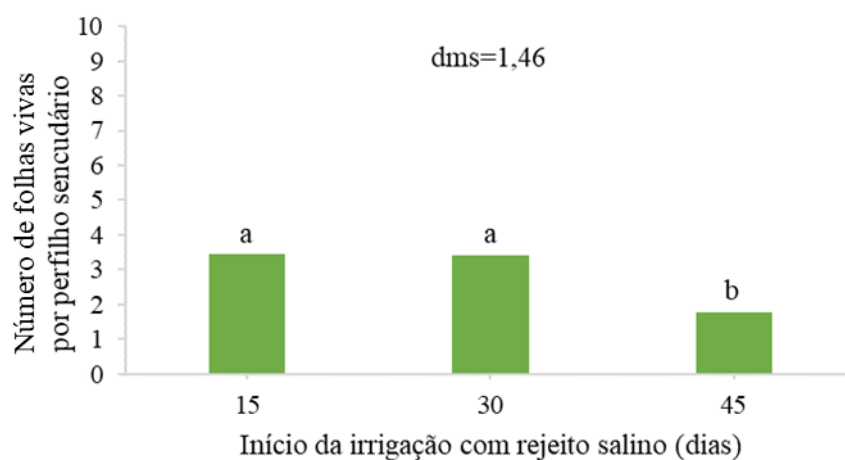


Figura 15: Número de Folhas Vivas por Perfilho secundário em função do início da irrigação com rejeito salino. Letras iguais não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As variáveis DC, NFM, NPS e NFMPS foram avaliadas aos 81 DAE e não apresentou diferença significativa para os fatores individualmente, para a interação entre os fatores e para a interação entre os fatores e o controle, conforme Tabela 2. Assim os fatores início da irrigação com rejeito salino e proporções de rejeito salino não interferiram nessas variáveis.

4.2 Transpiração e condutância estomática do sorgo

Os dados de transpiração e condutância estomática das plantas foram coletados aos 74 DAE. As variáveis fisiológicas apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator início da irrigação com rejeito salino e para a interação entre os fatores e o controle, conforme Teste F (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação de médias (teste F) da transpiração e condutância estomática do sorgo submetido a irrigação com rejeito salino em diferentes épocas.

Fonte Variação	Transpiração (kg H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	Condutância estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)
IR (F1)	12,53**	16,56**
RS (F2)	0,64ns	4,10ns
Int. F1 x F2	0,59ns	0,12ns
Fat. x Con.	13,48**	55,02**
CV (%)	17,20	9,94

IR: Início da irrigação; RS: Rejeito salino; Int: interação; F1: fator 1; F2: fator 2; Fat: fatores; Con: Controle; CV: Coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns: não significativo.

De acordo com o teste de Dunnett (5% de probabilidade), os valores de transpiração das plantas submetidas a irrigação mais tardia de rejeito salino (T4, T5 e T6) foram iguais ao controle (Figura 16), demonstrando que 29 dias (de 45 até 74 DAE) de irrigação com rejeito salino não é suficiente para causar danos nas plantas e reduzir as taxas de transpiração.

O efeito cumulativo de 59 dias (de 15 até 74 DAE) de irrigação com rejeito salino (CE = 4,8 dS.m⁻¹) reduz a transpiração das plantas em 47,6% em relação às plantas

irrigadas com o controle ($CE = 0,6 \text{ dS.m}^{-1}$). Coelho (2013) analisando a transpiração, observou que a mesma diminui com o aumento da CE, porém em CE's de 2,5 e $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$ os valores de transpiração são muito próximos. Constatou-se neste trabalho que 69 dias ininterruptos de irrigações com rejeitos salinos (CE entre 2,6 e $4,8 \text{ dS.m}^{-1}$) reduz consideravelmente a transpiração.

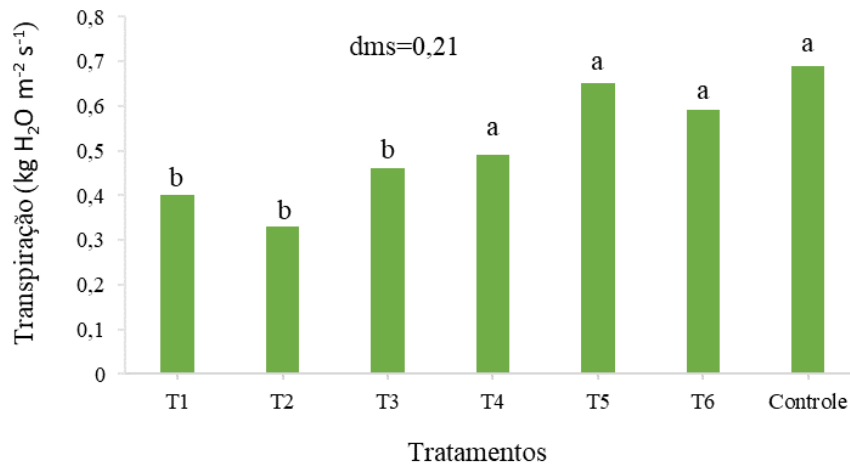


Figura 16: Interação entre os fatores e o controle na transpiração do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

A condutância estomática apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Dunnett, onde o T5 não diferiu do controle, mostrando que a irrigação com 50% de rejeito iniciada aos 45 dias não interfere nessa variável. O T2 apresentou o pior resultado $1,10 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ correspondendo a 51,75% do valor expressado pelo controle (Figura 17), uma vez que o mesmo foi irrigado com água de maior CE ($4,8 \text{ dS.m}^{-1}$) e essa irrigação sendo iniciada aos 15 DAE, promovendo maior estresse salino a esse tratamento. Os dados desse experimento corroboram com os de Monteiro (2016), que analisando a condutância estomática em sorgo irrigado com água salina observou que a mesma diminui com o aumento da condutividade elétrica da água. Silva et al. (2014) afirmaram que a condutância estomática pode ser considerada uma variável de grande importância na observação do início de estresse e ocorrência de mecanismos de defesa, uma vez que a diminuição da

entrada de água também diminui a entrada de sais, evitando a intoxicação por sais específicos.

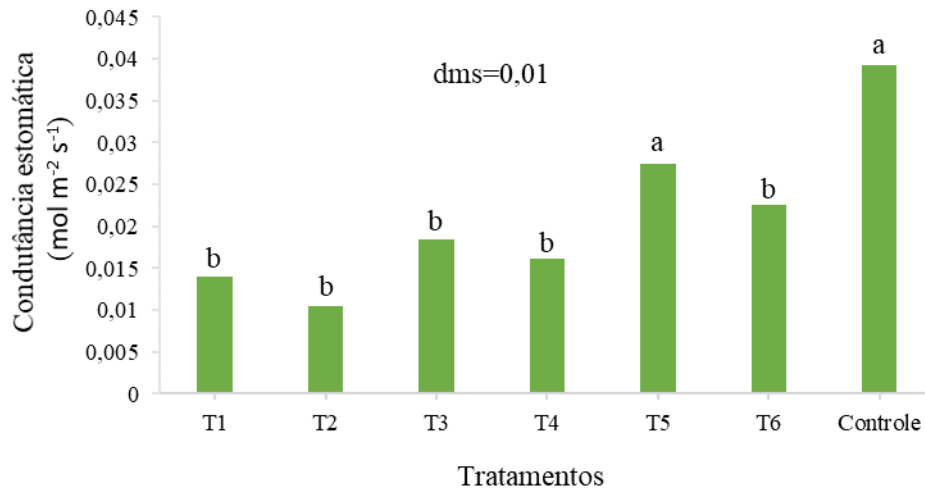


Figura 17: Interação entre os fatores e o controle na condutância estomática do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

4.3 Irrigação com rejeito salino no acúmulo de matéria seca do sorgo

Os dados de acúmulo foram coletados ao término do experimento, mais precisamente aos 134 DAE. Isso significa que os tratamentos tiveram 119 (15 até 134 DAE), 104 (30 até 134 DAE) e 89 (45 até 134 DAE) dias ininterruptos de irrigação com rejeito salino, respectivamente. Analisando os dados de acúmulo de matéria seca total (MST), matéria natural da parte aérea (MNPA), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR), todas apresentaram interação entre os tratamentos e o controle (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação de médias das variáveis acumuladas (g.vaso⁻¹) do sorgo submetido a irrigação com água de rejeito salino com diferentes inícios da irrigação (Teste F).

Fonte variação	MST	MNPA	MSPA	MSR
IR (F1)	11,58**	33,79**	10,02**	12,71**
RS (F2)	6,14*	36,23**	6,82*	8,97**
Int. F1 x F2	4,63*	13,63**	5,25*	6,64ns
Int. Fat. x com	79,58**	20,41**	50,89**	29,25**
CV (%)	31,95	10,72	34,22	20,76

IR: Início da irrigação; RS: Rejeito salino; Int: interação; F1: fator 1; F2: fator 2; Fat: fatores; Con: Controle; MST: matéria seca total; MNPA: matéria natural da parte aérea; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; CV: Coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns: não significativo.

A MST e a MSPA apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) segundo teste de Dunnett, em que o controle foi superior aos fatores (Figuras 18 e 19).

O controle produziu 197 g.vaso⁻¹ de MST, seguido pelo T6 com 100 g.vaso⁻¹, que correspondeu a 50,7% da produção do controle, pelo T3 com 97,8 g.vaso⁻¹, com 49,5% do controle e pelo T5 com 89,4 g.vaso⁻¹, correspondendo a 45% da produção do controle. Os demais tratamentos não alcançaram 20% da produção do controle, dando destaque para o T2 que apresentou a menor produção 13,35 g.vaso⁻¹ (6,8% da produção do controle) (Figura 18).

Analisando a interação entre os fatores e o controle na variável MNPA, o Teste de Dunnett mostra que existe diferença significativa ($p < 0,05$), onde o controle não diferiu do T3, T5 e T6. Com menor produção estão o T2 e T4 com 4,27 e 7,63 g.vaso⁻¹ respectivamente, correspondendo a 1,7 e 3% da produção do controle (Figura 20).

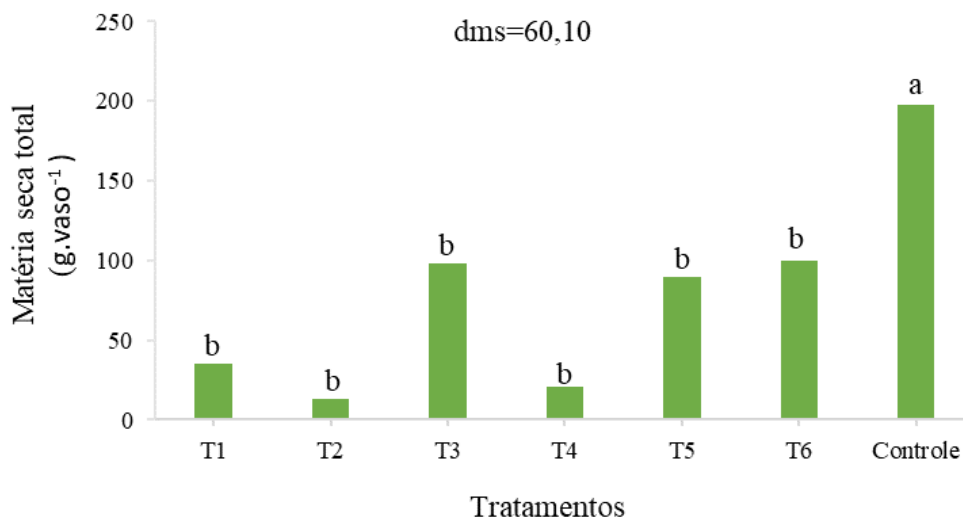


Figura 18: Interação entre os fatores e o controle na Matéria Seca Total do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

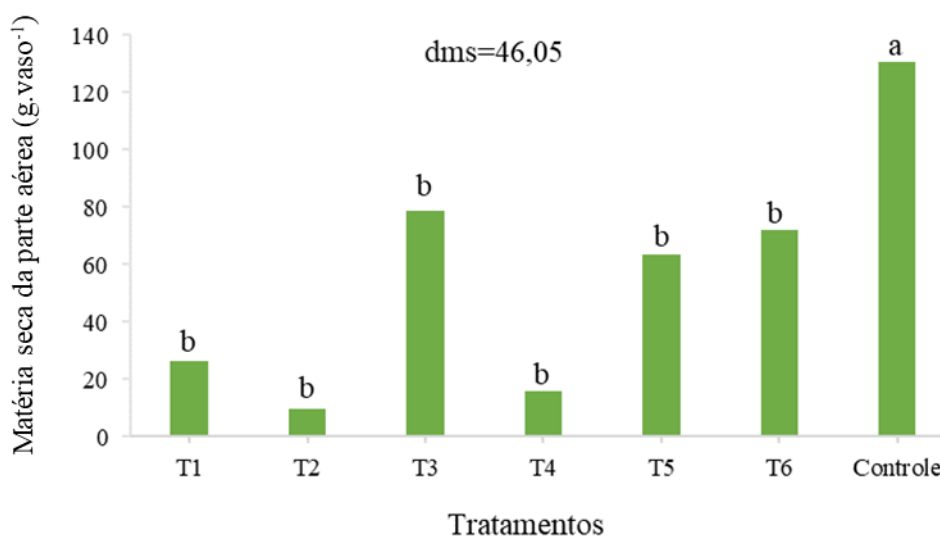


Figura 19: Interação entre os fatores e o controle na Matéria Seca da parte aérea. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

Aos 134 dias, o controle também se destacou dos demais tratamentos com uma produção de MSPA de 130,56 g.vaso⁻¹, seguido dos tratamentos T3, T6 e T5 com produções de 79, 72 e 64 g.vaso⁻¹ respectivamente, correspondendo a 60, 55 e 49% da produção do controle. Os demais tratamentos não alcançaram 25% da produção do

controle, com destaque para os tratamentos T2 e T4 que produziram 9,5 e 15,7 g.vaso⁻¹ correspondendo apenas a 7 e 12% da produção do controle (Figura 19).

A diminuição da produção de matéria seca foi semelhante aos resultados encontrados por Coelho (2013), que estudando o efeito da salinidade em diferentes genótipos de sorgo forrageiro observou um decréscimo linear da produção de matéria seca da parte aérea com a aumento da condutividade elétrica da água utilizada na irrigação, e Aquino et al. (2007) que observaram o decréscimo em genótipos de sorgo irrigados com água salina com CE de até 8,0 dS m⁻¹.

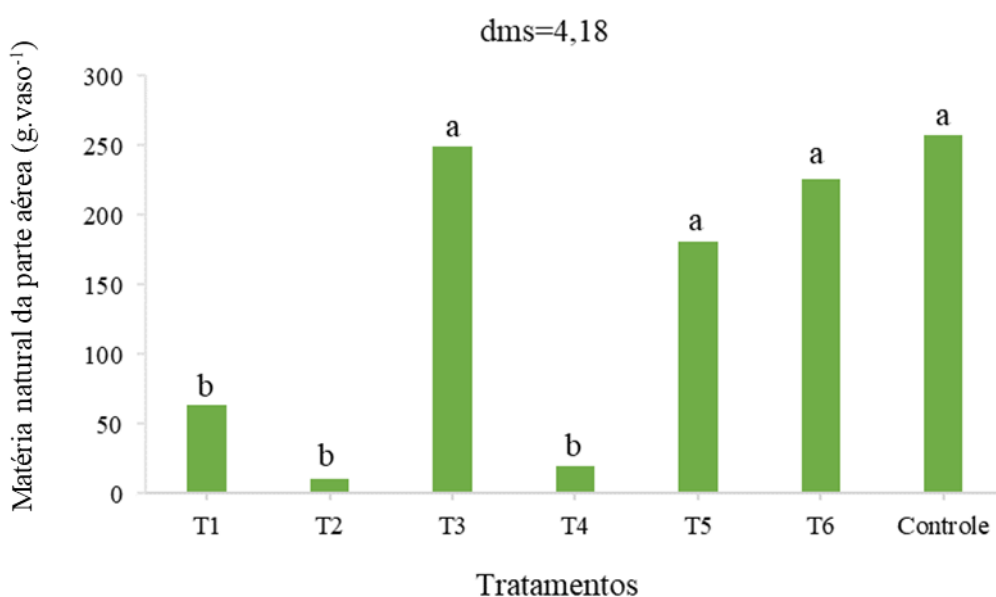


Figura 20: Interação entre os fatores e o controle na matéria natural da parte aérea do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

A matéria seca da raiz apresentou diferença ($p < 0,01$) para a interação entre os fatores e o controle conforme o teste F (Tabela 4). Os tratamentos com 45 dias de irrigação com água boa ($CE = 0,6 \text{ dS.m}^{-1}$), seguido de 89 dias de irrigação com as águas de riscos moderados ($CE = 2,6 \text{ dS.m}^{-1}$) e severos ($CE = 4,8 \text{ dS.m}^{-1}$) de risco de salinização do solo salinidade moderadas e ($CE = 2,6$ e $4,8 \text{ dS.m}^{-1}$), não apresentaram influência negativa na produção de raízes na matéria seca, ao contrário dos demais tratamentos (119 e 104 dias

contínuos de irrigação com rejeito salino), que sofreram queda significativa na produção de raízes (Figura 21).

O fato das raízes do T5 e T6 não terem sofrido influência da salinidade, pode ser atrelado a esses tratamentos terem recebidos água salina mais tardiamente que os demais, dando tempo para os mesmos se desenvolverem um pouco mais e conseguirem fazer reserva de carboidratos em suas raízes, além de começarem a sofrer com o efeito dos sais em um momento que as mesmas já estavam mais desenvolvidas, fazendo com que suportassem mais esse estresse e conseguissem desenvolver suas raízes nesse ambiente. Os dados desse experimento são semelhantes aos encontrados por Feijão et al. (2011) que observaram a diminuição da massa seca da raiz em sorgo irrigado com água salina.

A massa das raízes tem relação direta com seu crescimento e distribuição no solo, portanto, valores superiores indicam maior capacidade de suporte ao desenvolvimento da parte aérea em condições de salinidade, diminuindo problemas como limitações na absorção de água e nutrientes devido a um maior volume de solo explorado (SADEGHI e SHOURIJEH, 2012).

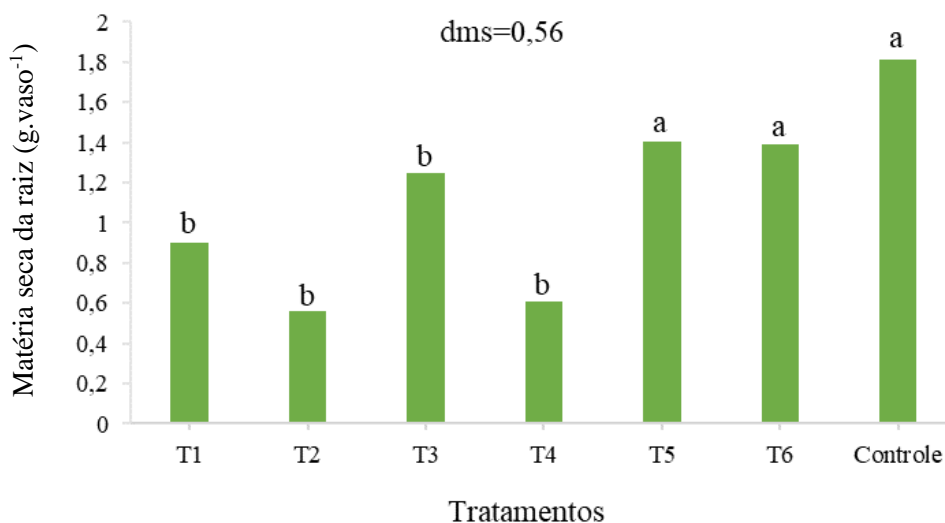


Figura 21. Interação entre os fatores e o controle na matéria seca da raiz do sorgo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

4.4 Efeito do rejeito salino sobre o solo

A CEes não apresentou diferença significativa para a interação entre os fatores e controle (Figura 22), no entanto, todos os valores inclusive o controle apresentaram CE maior que o solo conforme a análise mostrada na Tabela 1, isso pode ser atribuído ao acúmulo de sais no solo, tendo em vista que todos as CE's das águas de irrigação foram maiores que a CE do solo. A CEes não significativa tem como justificativa o grande volume de chuvas no final do experimento, que precipitou 290 mm de chuva, isso pode ter facilitado a lixiviação dos sais, uma vez que o solo tem característica mais arenosa contribuindo para a saída dos sais.

A salinidade é um dos principais fatores responsável pela redução da produção vegetal, e abandono de terras e aquíferos destinados à agricultura (PÉREZ-ALFONSECA et al., 2010).

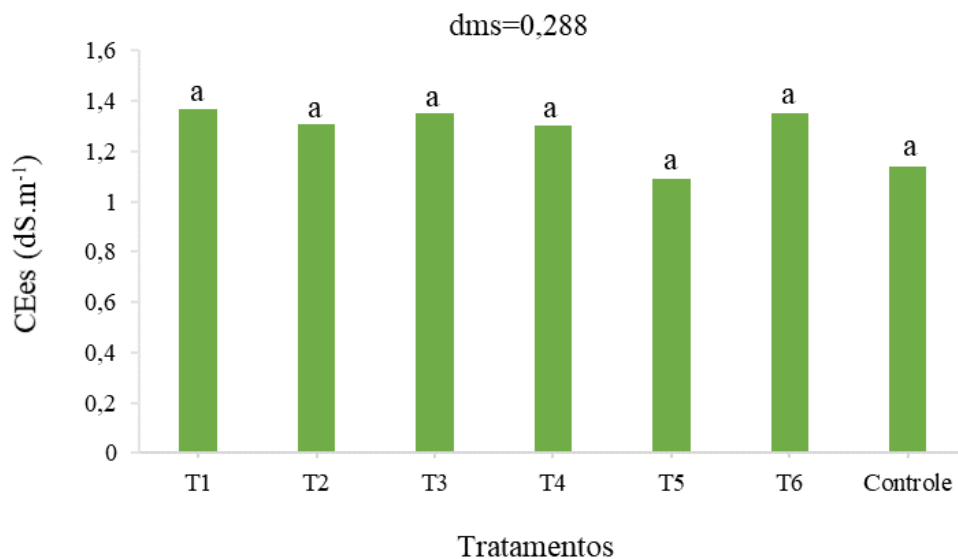


Figura 22: Interação entre os fatores e o controle na condutividade elétrica da pasta do extrato de saturação do solo. Letras iguais não diferem os tratamentos do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (bilateral). T1: 50% de rejeito aos 15 DAE, T2: 100% de rejeito aos 15 DAE, T3: 50% de rejeito aos 30 DAE, T4: 100% de rejeito aos 30 DAE, T5: 50% de rejeito aos 45 DAE, T6: 100% de rejeito aos 45 DAE, Controle: irrigado com água potável (sem rejeito salino).

5. CONCLUSÕES

Plantas de sorgo irrigadas com 50% de rejeito salino ($CE = 2,6 \text{ dS.m}^{-1}$), independente do início da irrigação, crescem mais do que aquelas irrigadas com 100% de rejeito salino ($CE = 4,8 \text{ dS.m}^{-1}$).

Portanto, ao optar por irrigar com água de rejeito recomenda-se fazer o uso na forma diluído (50% de rejeito e 50% água de boa qualidade) e iniciar a irrigação com 45 dias após a emergência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, G. B.; HUGHES, M. W. The use of natural tracers as indicators of soil-water movement in a temperate semi-arid region. *Journal of Hydrology*, v. 60, p. 157–173. 1983.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F. & Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.31, n.5, p.961-971, 2007.
- CASAROLI, D; VAN LIER, Q. J. Critérios para determinação da capacidade de vaso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.32, no.1, Viçosa Janeiro/fevereiro, 2008.
- CIRILO, J. A.; CAMPELO NETO, M. S.; MONTENEGRO, S.M.G.L. O uso sustentável dos corpos hídricos em regiões semiáridas. Recife: ABRF; Editora: universitária, UFPE, 2008.
- COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Vale do São Francisco. 86p. Juazeiro, 2013.
- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q.; QUEIROZ, J.R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Bragantia*, v.65, n.2, p.275-284, 2006.
- DIAS, N. D. S. et al. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. 2a ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p. 504.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. 2010. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: H. R. Gheyi, N. S. Dias, C. F. Lacerda. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Fortaleza, pp: 130-141.

- DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. Série Didática, 13.
- FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 675-683, 2011.
- JAMIL, M. et al. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. *Scientia Agricola*, v.64, n.2, p.111-118, 2007.
- LACERDA, C. F. et al. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: 377 GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos 378 básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 379 p.303-317, 2010.
- MENDES, J. S.; et al. Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.1, p.13-19, 2008.
- MONTEIRO, D. R. Status hídrico, trocas gasosas e fluorescência da clorofila em sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) irrigado com água salina. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE. Recife, p.104. 2016.
- MUNNS, R.. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, v. 28, p.239-250, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v. 167, n. 03, p.45-663, 2005.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. v.59, p.651-681, 2008.
- OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO,E.; ENÉAS-FILHO,J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, p.1-16, 2010.
- PARVAIZ, A.; SATYAWATI, S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review. *Plant Soil and Environmental*, v.54, n.3, p.89-99, 2008.

- PÉREZ-ALFONSECA, F.; ALBACETE, A.; GHANEM, M. E.; DODD, I. Hormonal regulation of source-sink relations to maintain crop productivity under salinity: A case study of root-to-shoot signaling in tomato. *Functional Plant Biology*, v.37, p.592-603, 2010.
- RASBAND, W.S. ImageJ. U.S. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA, 2012.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, US Salinity Laboratory Staff. USDA, 1954. 160p.
- SADEGHI, H.; SHOURIJEH, F.A. Salinity induced effects on growth parameters, chemical and biochemical characteristics of two forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*, v. 11, n.1, p.19-27, 2012.
- SANTOS, A. N. et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.319-326, 2011.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SILVA J. V.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO-NETO, A. D.; COSTA, P. H. A.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J. e GOMES FILHO, E. Crescimento e osmorregulação em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. *R. Ci. Agron.*, 33:125-131, 2003.
- SILVA, L. A. et al. Mecanismos fisiológicos de percepção do estresse salino de híbridos de porta-enxertos citros em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 18, p. S1-S7, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, Y. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal (6ª ed.). Porto Alegre, RS: Artmed. 858p. 2017.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).
- VIEIRA, M. R.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; CARVALHO, P. L.; COSTA, R. N. T.; TABOSA, J. N. Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado

com águas salinas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, suppl, p.42-46, 2005.