



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

RODRIGO RAFAEL DA SILVA

ESTADO HÍDRICO, RESPOSTA IÔNICA E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO
SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

MOSSORÓ, RN

2021

RODRIGO RAFAEL DA SILVA

ESTADO HÍDRICO, RESPOSTA IÔNICA E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO
SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

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: Manejo de Solo e Água na Agricultura

Orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros

MOSSORÓ, RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-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.

S586e SILVA, RODRIGO RAFAEL DA.

ESTADO HÍDRICO, RESPOSTA IÔNICA E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

/ RODRIGO RAFAEL DA SILVA. - 2021.

61 f. : il.

Orientador: JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2021.

1. Sorghum bicolor (L.) Moench. 2. Concentrações sais. 3. Déficit hídricos. 4. Teores de nutrientes. 5. Rendimento. I. MEDEIROS, JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RODRIGO RAFAEL DA SILVA

ESTADO HÍDRICO RESPOSTA HIÔNICA E PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE
SORGO SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

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: Manejo de Solo e Água na
Agricultura

Defendida em: 26/02/2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Francismar De Medeiros (UFERSA) Presidente



Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto (UFERSA) Membro Examinador



Profa. Dra. Andréa Raquel Fernandes Carlos da Costa (FACENE) Membro Examinador

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Maria Rita e Sebastiao Cândido, por todos esses anos de apoio, confiança e amor incondicional, e a minha tia Lucília da Silva, por todo apoio que tem me dado desde meu início como estudante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, pelo amor que tem por mim, que foi essencial para que eu chegasse até aqui, por ter me dado discernimento, saúde, sabedoria e ter me acolhido quando ninguém mais poderia, para que eu pudesse concluir mais essa etapa.

Toda minha família, principalmente a minha mãe Maria Rita, minha tia (mãe) Lucília da Silva, meu avô (pai) Sebastião Cândido, meus irmãos Geam Carlos, Joseilton Carlos, Maria Aparecida e Cidelma Nonata, pelo amor incondicional, compreensão, paciência, ensinamentos, e muita dedicação em suas orações para que Deus iluminasse e protegesse meu caminho.

A Universidade Federal do Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA), por ter me dado à oportunidade de estudar na instituição.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização do mestrado e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao meu orientador José Francismar de Medeiros por todo conhecimento passado durante essa jornada meus sinceros agradecimentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água que, de alguma forma, contribuíram para que eu alcançasse meus objetivos.

A todos meus amigos do grupo de pesquisa do qual participo, sem eles não seria possível a realização do experimento, em especial Milena Bastos, Maria Vanessa, Leonardo e Renan, pela grande ajuda na condução do experimento.

A todos os funcionários da fazenda em nome de Fernando eu agradeço por todo o apoio durante a realização do experimento.

Aos meus grandes amigos que ganhei nesse mestrado os quais cito, Milena Bastos, Maria Vanessa, Maria Isabela, Helena Maria, Renata Ramayane, Eric George e Leonardo.

Por fim, agradeço a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a conquista de mais uma etapa acadêmica.

RESUMO

O sorgo é uma cultura de alto potencial de produção para regiões secas, por apresentar tolerância ao déficit hídrico e adaptar bem a condições de estresse salino. Assim o objetivo da pesquisa é avaliar a influência dos estresses hídrico e salino proporcionadas por diferentes lâminas e concentrações de sais na água de irrigação nos teores de nutrientes e produção de biomassa de sorgo das cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15 sob as condições climáticas do semiárido. Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos no período de setembro a dezembro de 2019, na área experimental localizada no sítio Cumaru, município de Upanema-RN. Experimento I: Cultivar BRS Ponta Negra e Experimento II: Cultivar IPA SF-15. O delineamento adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial (4 x 4), sendo 4 concentrações de sais na água de irrigação, expressa em condutividade elétrica (CE): 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 4 lâminas de irrigação (51,3; 70,6; 90,0 e 118,4% da ETc), com 3 repetições. No solo foi avaliado pH, e CEes e relação de adsorção de sódio (RASes), ambos no extrato de saturação. Para os dados de produção foram realizadas duas colheitas para BRS Ponta Negra aos 68 e 90 DAP e Cultivar IPA SF-15 aos 76 e 95 DAP, avaliando-se a porcentagem de planta com cachos, porcentagem de massa seca, rendimento de planta, massa seca total e massa fresca do caule. Na folha diagnose foram determinados os teores de sódio, potássio, cálcio, magnésio, fosforo e cloro. Os dados foram interpretados por meio da análise de variância utilizando o teste F e aplicando análise de regressão, modelos polinomiais para lâminas e salinidade ao nível 5% de significância. Os resultados encontrados mostram que não há interação entre a salinidade e as lâminas de irrigação sob a produção de plantas de sorgos para as variáveis analisadas. A salinidade da água de irrigação ocasionou no aumento da condutividade elétrica da solução do solo, sendo reduzida com aplicação das lâminas de irrigação. As plantas de sorgo foram mais sensíveis ao déficit hídrico na fase de floração do que na fase final de desenvolvimento. O sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15 não tem perda de produção quando é irrigado com água de CE de até 6,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Concentrações sais. Déficit hídricos. Teores de nutrientes, Rendimento.

ABSTRACT

Sorghum is a crop with high production potential for dry regions, as it is tolerant to water deficit and adapts well to salt stress conditions. Thus, the objective of the research is to evaluate the influence of water and saline stresses provided by different blades and salt concentrations in the irrigation water on nutrient content and sorghum biomass production of cultivars BRS Ponta Negra and IPA SF-15 under climatic conditions of the semiarid region. Two experiments were conducted simultaneously from September to December 2019, in the experimental area located at the Cumaru site, municipality of Upanema-RN. Experiment I: Cultivate BRS Ponta Negra and Experiment II: Cultivate IPA SF-15. The adopted design was randomized blocks in a factorial scheme (4 x 4), with 4 salt concentrations (1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) and 4 irrigation depths (51.3; 70.6; 90.0 and 118.4 % of ET_c), with 3 repetitions. Soil pH, CEs and RASes of the soil were evaluated. For the production data, two harvests were carried out for BRS Ponta Negra at 68 and 90DAP and Cultivar IPA SF-15 at 76 and 95DAP, evaluating the percentage of plant with clusters, percentage of dry weight, plant yield, total dry weight and fresh weight of the stem. In the diagnosis sheet, the nutrient contents were determined; sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus and chlorine. The data were interpreted through the analysis of variance using the F test and applying regression analysis, polynomial models for slides and salinity at the 5% level of significance. The results found show that there is no interaction between salinity and irrigation depths under the production of sorghum plants for the analyzed variables. The salinity of the irrigation water caused an increase in the electrical conductivity of the soil solution, which was reduced with the application of irrigation depths. Sorghum plants were more sensitive to water deficit in the flowering phase than in the final development phase. O sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15 não tem perda de produção quando é irrigado com água de CE de até 6,0 dS m⁻¹.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Salt concentrations. Water Deficit Nutrient Content, Yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1A. Mapa da localização da área experimental, 1B. Area experimental.....	21
Figura 2. Croquis da área experimental.	23
Figura 3. Semeadura do experimento A e Plantas de sorgo B.....	24
Figura 4. Evapotranspiração da referência (ET _o) diária estimadas pela metodologia da FAO (Allen et al., 2006) durante o período de cultivo de sorgo no município de Upanema, RN, Brasil.	25
Figura 5. Coeficiente de Cultura (K _c) diário estimados pelo método do K _c dual (Allen et al., 2006) para as cultivar de sorgo 6A: BRS Ponta Negra e 6B: IPA SF-15 cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN, Brasil.....	26
Figura 6. Evapotranspiração da cultura (ET _c) diária estimadas pela metodologia da FAO (Allen et al., 2006) para cultivar de sorgo BRS Ponta e IPA SF-15 sob irrigação no município de Upanema, RN.....	27
Figura 7. Lâmina de irrigação diária para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN.	28
Figura 8. Lâminas de irrigação diária aplicada para cultivar de sorgo IPA SF-15 cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN.....	28
Figura 9. Indicação da quarta folha a partir do ápice para diagnose foliar em Sorgo 8A. Estufa com material vegetal 8B moinho do tipo Willey 8C.	30
Figura 10. Forno tipo mufla elétrico 10A, Cinzas do material incinerado 10B, Dissolução do material incinerado em ácido nítrico 10C.....	30
Figura 11. 11A. Espectrofotômetro de chama 11A, Espectrofotômetro absorção atômica 11B, Espectrofotômetro 11C, Cubetas com solução para análises 11D.....	30
Figura 12: Linha do tempo das avaliações durante a condução do experimento.	31
Figura 13. Valores de pH, CEes e RASes no extrato de saturação do solo considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação.	35
Figura 14. Valores de pH, CEes e RASes no estrato de saturação do solo considerando a média do perfil do solo para BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função da lâmina de irrigação	36

Figura 15. Teor de potássio na folha diagnose na cultivar BRS Ponta Negra em função da condutividade elétrica da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada.....	39
Figura 16. Teor de potássio na folha diagnose na cultivar BRS Ponta Negra em função dos níveis de evapotranspiração da cultura para cada condutividade elétrica da água de irrigação.	40
Figura 17. Teor de magnésio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação	41
Figura 18. Teor de fósforo na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.	42
Figura 19. Teor de sódio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.	43
Figura 20. Teor de cloro na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.	44
Figura 21. Teor de sódio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.	45
Figura 22. Teor de potássio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.	46
Figura 23. Teor de cálcio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.	47
Figura 24. Teor de fósforo na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.	48
Figura 25. Porcentagem de plantas com cachos para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função das lâminas totais de irrigação.	50
Figura 26. Rendimento de matéria fresca para as cultivares de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação para corte realizado aos 68 e 76 dias após o plantio (florescimento) e aos 90 e 95 dias (ponto de corte para silagem).	52
Figura 27. Massa seca total para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação.	54
Figura 28. Massa fresca do colmo para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação.	55

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo.	21
Tabela 2. Composição química da água natural e após de acrescentadas as soluções de sais, para serem utilizadas no experimento.	22
Tabela 3. Resumo da análise de variância, para Potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e Relação de adsorção de sódio no extrato de saturação (RASes) para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função do estresse hídrico e salino.	33
Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características de teor de nutriente na folha diagnose para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15 em função do estresse hídrico e salino.	37
Tabela 5. Resumo da análise de variância: porcentagem de planta com cachos (PLCACH), porcentagem de massa seca (MS), rendimento de planta (REN), massa seca total (MST) e massa fresca do caule (MFCAUL) aos 68 e 90 dias após o plantio (DAP) para duas cultivares de sorgo.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Origem e Classificação Botânica do Sorgo	16
2.2	Aspecto gerais da cultura do Sorgo	16
2.3	Efeito dos sais no solo	17
2.4	O efeito da salinidade sobre as plantas	18
2.5	Mecanismos de tolerância de plantas ao estresse salino	19
2.6	Necessidade hídrica das culturas	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Localização e caracterização da área experimental	21
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	22
3.3	Instalação e condução do experimento	24
3.3.1	Preparo do solo e adubação.....	24
3.3.2	Plantio.....	24
3.4	Manejo de irrigação	25
3.4.1	Coeficiente da cultura.....	25
3.4.2	Evapotranspiração da cultura.....	27
3.4.3	Lâminas de irrigação aplicada.....	27
3.5	Tratos culturais	28
3.6	Características avaliadas	29
3.6.1	Salinidade do solo.....	29
3.6.2	Teor de nutrientes e sódio e cloreto na folha.....	29
3.6.3	Produção.....	31
3.6.4	Porcentagem de plantas Frutificadas.....	31
3.6.5	Rendimento de planta.....	31
3.6.6	Porcentagem de massa seca.....	31
3.6.7	Massa seca total.....	32

3.6.8	Massa fresca do colmo	32
3.7	Análises estatísticas	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Salinidade do solo.....	33
4.2	Teor de nutrientes e de sódio e cloro	36
4.3	Produção e teor de massa	48
5	CONCLUSÕES	56
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) está entre as espécies cultivadas que apresenta diferentes graus de tolerância ao estresse salino entre seus genótipos, além de se desenvolver em diferentes condições climáticas. O sorgo tolera a salinidade do solo melhor do que outras culturas, sendo capaz de crescer normalmente e se desenvolver em concentração de sal no solo duas vezes maior do que a exigida pelo milho, por exemplo (BAISEITOVA et al., 2018).

Atualmente o cultivo de sorgo no Brasil vem ganhando espaço por apresentar múltiplas funções como: utilização para ração animal, com uso do grão para a avicultura e suinocultura, a utilização como silagem e pastejo para os rebanhos de corte e produção de leite, e mais recentemente se utiliza o sorgo como matéria prima para a produção de biocombustíveis.

O cultivo de sorgo, dos mais variados espécimes, é bastante expressivo nas regiões semiáridas e não semiáridas do Brasil, demonstrando bons resultados na produção de silagens e produtividade de grãos. O sorgo ainda se destaca por possuir rusticidade e capacidade de adaptação a condições limitantes como temperaturas elevadas e escassez de água nas regiões semiárida (FRANÇA et al., 2017). A redução de 20% da lâmina padrão de irrigação para cultura do sorgo não reduziu a produtividade (COSTA et al., 2017).

A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada pela escassez hídrica, e marcada pela ocorrência de distribuição irregular da precipitação pluviométrica no tempo e no espaço (ANDRADE et al., 2016) apresentando uma precipitação média de 773 mm (ANDRADE et al., 2018). Essa característica climática é o principal fator para redução da produção agropecuária (PERAZZO et al., 2013). Além disso, a escassez de água associada à alta evapotranspiração contribui para reduzir a disponibilidade hídrica e favorece as concentrações de sais, diminuindo assim a qualidade da água (SOUSA et al., 2017). Desta forma ressalta-se a importância de trabalhar com culturas com baixa demanda hídrica e resistentes à salinidade.

A redução da disponibilidade hídrica de qualidade para o consumo humano e agrícola demanda a necessidade da utilização de água de qualidade inferior na irrigação (SILVA et al., 2014). Com isso, a exploração de recursos hídricos subterrâneos, busca minimizar os impactos da redução da disponibilidade de água. No entanto, essas águas apresentam elevadas concentrações de sais solúveis por estarem em contato com materiais solúveis do solo e das rochas (SILVA e MIGLIORINI, 2014), limitando o uso na produção agrícola.

O uso de estratégias de manejo pode garantir a utilização destas águas salinas na irrigação. Lacerda et al. (2016) destacam que a mistura de águas é uma estratégia que busca

aumentar a disponibilidade hídrica, e surge como uma alternativa viável para regiões semiáridas. Soares Filho *et al.* (2016) também destacam que a tolerância das plantas à salinidade é uma das estratégias essenciais para se conviver com o problema da salinidade da água na região semiárida.

Estudos que apresentam informações a respeito do uso de águas salinas e déficit hídrico como estratégia de manejo para produção de forragem, ainda são escassos para região semiárida, logo, torna-se necessário a busca por mais informações sobre a viabilidade do uso de águas com diferentes concentrações de sais, para ser utilizada na irrigação destas culturas. Nesse contexto o objetivo da pesquisa é avaliar a influência dos estresses hídrico e salino proporcionadas por diferentes lâminas e concentrações de sais na água de irrigação nos teores de nutrientes e produção de biomassa de sorgo das cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15 sob as condições climáticas do semiárido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Classificação Botânica do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta da família Poaceae, sua origem provavelmente é do continente africano e cultivado em regiões tropicais e subtropicais do mundo, constituindo a maior fonte de alimento e rações da África, Oriente e Oriente Médio (SOUZA et al., 2005).

O sorgo pertence às Andropogonae e à família herbácea Poaceae. O gênero *Sorghum* é caracterizado por espigas que nascem aos pares. Trata-se de uma planta anual, embora seja uma erva perene e, nos trópicos, possa ser feita a sua colheita várias vezes ao ano (FAO, 1995). Em 1753, Linnaeus descreveu três espécies de sorgo cultivado: *Holcus sorghum*, *Holcus saccharatus* e *Holcus bicolor*. Em 1794, Moench distinguiu o gênero *Sorghum* do gênero *Holcus*. Mais tarde, em 1805, Person propôs o nome de *Sorghum vulgare* para *Holcus sorghum* (L.). Em 1961 Clayton propôs o nome *Sorghum bicolor* (L.) Moench como o correto para o sorgo cultivado, nome que se utiliza atualmente (FAO, 1995).

2.2 Aspecto gerais da cultura do Sorgo

O cultivo do sorgo vem sendo realizado há muito tempo, há informações de seu cultivo nos continentes asiático, africano e em países como Egito, Índia e China, sendo cultivado antes da Era Cristã. No entanto, a exploração do cultivo em muitas áreas agrícola veio ocorrer no final do século XIX.

No mundo o sorgo é um dos principais cereais produzido, sendo o quinto de importância econômica, com sua possível origem na África, onde chega a suprir 70% das necessidades de ingestão energéticas da população. No Brasil a produção é voltada para produção de ração animal, com uso do grão para a avicultura e suinocultura, a utilização de silagem e pastejo para os rebanhos de corte e produção de leite (COTA et al., 2013). No entanto sua versatilidade vai além da ração animal, sendo usado a matéria prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos (TANAKA, 2010).

Nos últimos anos a cultura do sorgo vem ganhando destaque no país chegando a ser colhida na safra 2018/2019 uma área de 835,2 mil hectares com produção de grão de 2,498,1 milhões de toneladas (CONAB 2020). O aumento de produção ocorre devido o alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além de ser capaz de suportar estresse

ambientais. Sendo a cultura excelente para produção de grão e forragem em todas as situações em que a deficiência hídrica, condições de baixa fertilidade dos solos onde outras culturas são mais exigentes, como o milho (COSTA, 2017). A irregularidade de chuva característica da região Nordeste, principalmente no semiárido, evidencia a utilização da cultura devido a sua adaptação natural as condições ambientais adversa. No Rio Grande do Norte, a cultura do sorgo com dupla aptidão vem se tornando uma das principais alternativas de alimentos volumosos para os rebanhos, sobretudo os bovinos, já que a maior parte da produção da planta vai para ração animal com forragem (CONAB 2020).

2.3 Efeito dos sais no solo

A salinização do solo pode ocorrer por processo natural (salinização primária), ou ser induzida por intervenção humana (salinização secundária), devido as consequências do manejo impróprio da irrigação, má condição de drenagem e qualidade ruim da água de irrigação (DALIAKOPOULOS et al., 2016). Áreas com problemas de sais são comuns em regiões climáticas áridas e semiáridas. Altos níveis de salinidade podem resultar na perda de recursos, bens e serviços do solo, impactando a produção agrícola e a saúde ambiental (RENGASAMY, 2006), eventualmente evoluindo para uma questão sociocultural e de saúde humana (BREVIK et al., 2015; CASTRO; SANTOS, 2020) que prejudica o bem-estar geral e econômico.

Com aumento do teor de sais no solo, principalmente o sódio, que apresenta efeito dispersante das argilas do solo, reduzindo a agregação das partículas, permeabilidade do ar e água. Esse processo é intensificado com utilização de água salina sem manejo adequado para utilização dessa água. Na região nordeste do Brasil predomina as rochas cristalinas, o que favorece as águas subterrâneas por conter altos teores de sais. As águas com essas características ao serem utilizada sem um manejo adequado, compromete a sustentabilidade edáfica do solo e a capacidade produtiva das plantas, modificando assim a concentração de íons e alterando a regulação osmótica das plantas ao estresse salino (SANTOS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2019)

O excesso de sais no solo afeta as suas propriedades físico-químicas, em resposta a exposição ao Na^+ , que pode provocar o aumento da dupla camada iônica difusa e causar a expansão das argilas, reduzindo assim, a porosidade e a permeabilidade do solo, causando sua infertilidade em curto ou longo prazo (MONTEIRO et al., 2014). A salinização do solo reduz a capacidade de absorção de água pelas plantas (COELHO et al., 2013), tendo em vista que

ela se dá pelo acúmulo de sais solúveis presentes no solo que altera todas as condições para o desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 2016).

2.4 O efeito da salinidade sobre as plantas

A salinidade em regiões onde a disponibilidade hídrica é limitada é um dos fatores que mais contribui para limitar o crescimento e a nutrição mineral pelas plantas (FARIAS et al., 2009), reduzindo o potencial osmótico na zona radicular. Atuando como fator limitante da produtividade de várias espécies de plantas (GARANTIZADO et al., 2011), sendo a tolerância variável entre as espécies (SOUZA et al., 2012).

Os problemas de salinidade ficam mais evidente em regiões áridas e semiáridas, que apresenta clima quente e seco. Nessas regiões a cultura não dispõe de água durante todo o ciclo para suas necessidades hídricas sendo necessário a utilização da irrigação para garantia do cultivo (SILVA, 2015).

O efeito da salinidade sobre as plantas é consequência de dois distintos componentes do estresse salino: I - componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, provocando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; e II- componente iônico – decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , que promovem a alterações na relação K^+/Na^+ e a absorção de outros nutrientes (WILLADINO; CAMARA, 2010).

O componente osmótico é o que apresenta efeitos mais notórios da salinidade sobre as plantas por diminuir o crescimento e desenvolvimento (SILVA, 2015). O elevado teor de sais reduz o potencial osmótico da água do solo e conseqüentemente a disponibilidade de água para as plantas (RAMOLIYA; PATEL; PANDEY, 2004), ocasionando o déficit hídrico e diminuindo o potencial hídrico das plantas (SILVA, 2014).

Altas concentrações de sais pode provocar efeitos tóxicos, causando injurias no metabolismo das plantas e distúrbios funcionais. Exigindo assim estratégia de adaptação com plantas que apresente mecanismos fisiológicos, bioquímicos e moleculares (WILLADINO et al., 2017). As respostas dependem das espécies, genótipos, condições ambientais, tipos de sais presentes, estádios de desenvolvimentos em que se encontram, entre outros. As plantas podem ser classificadas em dois grupos: Halófitas, que são aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas (Na^+ e Cl^-), e glicófitas, que não são capazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas. Estudo realizado com diversas cultivares de sorgo submetida a níveis de salinidade demonstrou que até $4,8 \text{ dSm}^{-1}$ a produtividade de massa seca não sofre com os efeitos da salinidade (COSTA; MEDEIROS, 2017). Para VIEIRA et al., (2005) avaliando a produtividade de sorgo irrigado

com águas salinas observou que o aumento na concentração de sais na água de irrigação reduziu a produção de matéria seca. Na absorção de nutrientes a salinidade atua reduzindo a absorção, em função do desequilíbrio nutricional provocado pelo excesso de sais absorvido pelas plantas (CAVALCANTE et al., 2010). Trabalho realizado com glicirídia com concentrações de NaCl na solução nutritiva mostra a redução do acúmulo de nutrientes nas folhas e raízes da planta (FARIAS et al., 2009).

2.5 Mecanismos de tolerância de plantas ao estresse salino

O comportamento da planta sob estresse salino vai depender das características da planta, como o genótipo, o órgão e estágio de desenvolvimento. Sob condições de estresse salino rompe-se a homeostase hídrica e iônica, essa quebra da homeostase ocorre tanto ao nível celular como na planta inteira, ocasionando danos moleculares, suspensão do crescimento ou a morte da planta (WILLADINO; CAMARA, 2010).

Para tolerar a salinidade faz-se necessária a interconexão de três importantes aspectos das atividades metabólicas, que levam a planta a evitar ou aliviar os danos causados pelo estresse (exclusão iônica); restabelecer as condições homeostáticas (iônica e osmótica) e retomar o crescimento, ainda que a uma taxa reduzida (ZHU, 2001). A tolerância da planta inteira depende da capacidade de controlar o transporte de sal em cinco pontos específicos; I - Seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; II - Carregamento do xilema preferencialmente com K^+ , mais do que com Na^+ ; III - Remoção do sal do xilema na parte superior das raízes, caule, pecíolo ou bainhas foliares; IV - Retranslocação de Na^+ e Cl^- no floema, garantindo a ausência de translocação para tecidos da parte aérea em processo de crescimento e; V - Excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares, presentes apenas nas halófitas. A tolerância em glicófitas depende dos três primeiros mecanismos sendo que esses mecanismos ocorrem em diferentes graus, em função da espécie e ou cultivar (MUNNS et al., 2002).

Além dos mecanismos acima citados, outros dois aspectos são bastante relevantes em relação à tolerância das plantas à salinidade, como o restabelecimento da homeostase celular e a retomada do crescimento, mesmo que a uma velocidade reduzida (ZHU, 2001). De acordo com Munns (2005), as plantas apresentam uma resposta de crescimento em duas fases às condições de estresse salino. A primeira fase aparece rapidamente e é devido ao estresse osmótico ou de déficit hídrico causado pelo sal fora das plantas. A segunda fase leva tempo para se desenvolver, e resulta do excesso de íon ou efeito específico do sal dentro da planta, conforme a capacidade das células de compartimentar o sal no vacúolo (EPSTEIN et al.,

1980; MUNNS, 2005). Espécies que não conseguem restaurarem sua homeostase, desenvolver em estresse devido à ausência ou ineficiência dos mecanismos citados sofrerá muito mais danos que espécies que conseguem se ajustar nessas condições de estresse.

2.6 Necessidade hídrica das culturas

O manejo da irrigação tem como princípio fundamental decidir, quanto e quando irrigar. As necessidades da cultura variam de acordo com as condições edafoclimáticas do local onde é realizado o cultivo, como também a fenologia da planta. A evapotranspiração de referencia (ET_o) é fundamental para conhecimento da necessidade da cultura (LINO, 2017).

A evapotranspiração (ET_c) e o coeficiente de cultura (K_c) exercem grande importância na determinação da demanda hídrica. Essas variáveis estabelecem o momento e a quantidade de água para a cultura (ANTUNES, 2000; NETO et al., 2001). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), a evapotranspiração da cultura (ET_c) é resultado do produto da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente do cultivo (K_c), que, para o sorgo, segundo a FAO, é de 1,10. Em outros trabalhos, se encontrou valores de 1,05.

Doorenbos; Kassam (1994) relatam que, em geral, a percentagem total média de água utilizada nos diferentes estágios de desenvolvimento fica em torno de 20% durante o período vegetativo, 55% no florescimento e 25% no período de enchimento de grãos. O mais importante é que a quantidade de água deve ser bem distribuída ao longo da estação de crescimento, dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura e da demanda ambiental, porque a produção é sensível a déficits de água em certos estágios de crescimento (ASSEFA et al., 2010). O sorgo adapta a uma diversidade de ambiente e condição de restrição hídrica, onde outras culturas não consegue se adaptar tão bem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Foram realizados dois experimentos simultaneamente no período de setembro a dezembro de 2019, na área experimental localizada no sítio Cumaru, município de Upanema-RN, sob coordenadas geográficas 5° 33' 30" S, 37° 11' 56" O, a uma altitude de 110 m. O clima segundo a classificação de Köppen é BSw'h', ou seja, quente e seco caracterizando como clima tropical semiárido muito quente, temperatura média anual do ar > 18°C, com estação chuvosa bastante irregular, atrasando-se do verão para o outono. A precipitação média anual é de 650 mm. Durante os experimentos os dados climáticos foram coletados da estação meteorologia de Ipanguaçu-Inmet a uma distância do local do experimento de 35 km.



Figura 1. 1A. Mapa da localização da área experimental, 1B. Area experimental.

O solo da área experimental é classificado como CAMBISSOLO (SANTOS et al., 2018) e para fins de fertilidade foram realizadas análise antes da instalação apresentando as seguintes características químicas e físicas (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo.

Solo (Profundidade 0-20 cm)								
P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SB	CE	M.O	pH (H ₂ O)
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	
8,6	0,51	7,7	0,6	0,1	8,91	0,07	6,9	8,1
Atributos físicos (0-20 cm)								
Areia			Silte			Argila		
------%-----								
78,0			6,0			16,0		

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos simultaneamente apresentando o mesmo delineamento experimental, diferindo entre si apenas para as cultivares: Experimento I: Cultivar BRS Ponta Negra (C1) e Experimento II: Cultivar IPA SF-15 (C2)

Os tratamentos foram constituídos de dois fatores, concentração de sais na água de irrigação (S1, S2, S3 e S4), lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4), adotando o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 (S) x 4 (L), constituindo-se 16 tratamentos com três repetições, totalizando 48 parcelas experimentais para cada experimento. As unidades experimentais foram constituídas de duas fileiras duplas de sete metros, sendo as fileiras externas de cada unidade consideradas bordadura.

A água com menor salinidade (S1), com condutividade elétrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, foi oriunda do poço tubular e a água de maior salinidade ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) baseada na tolerância à salinidade da cultura do sorgo para rendimento em torno de 50% do seu potencial produtivo, de acordo com Ayers e Westcot (1999). Os dois níveis intermediários foram $3,0$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Para se obter os três níveis maiores de salinidade, acrescentou-se quantidades de soluções previamente preparadas de NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, numa concentração de 200 g L^{-1} de modo a se obter uma proporção molar de cargas final de 7:2:1 de Na, Ca e Mg, que representa a composição média das águas salobras do semiárido nordestino (Tabela 2), sendo as misturas monitoradas diariamente, com auxílio de um condutivímetro portátil.

Tabela 2. Composição química da água natural e após de acrescentadas as soluções de sais, para serem utilizadas no experimento.

CE	Na	Ca	Mg	K	Cl	S04	HCO3
dS m^{-1}	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
1,50	5,0	8,0	2,0	0,12	8,1	0,3	7,0
3,00	19,0	8,0	3,0	0,12	22,1	1,3	6,9
4,50	28,5	12,0	4,5	0,12	35,6	2,8	6,9
6,00	38,0	16,0	6,0	0,12	49,1	4,3	6,8

As lâminas de irrigação foram determinadas como uma proporção da evapotranspiração da cultura (ET_c), ajustando-se as condições de campo e funcionamento do sistema de irrigação (51,3, 70,6, 90,0 e 118,4% da ET_c total estimada para o ciclo da cultura). A ET_c foi estimada diariamente a partir da estimativa da evapotranspiração de referência diária, pelo método de Penman-Monteith (Equação 1) proposto por (ALLEN et al., 2006), e o coeficiente da cultura (K_c) diário, determinado pelo método do K_c dual. Para calcular a lâmina bruta de

irrigação adotou-se a eficiência de irrigação de 95%. A ETo foi estimada a partir de dados coletados em uma estação meteorológica localizada cerca de 35 km do experimento.

$$: ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em relação as cultivares a cultivar BRS Ponta Negra foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo. Uma cultivar promissora, por ter um bom rendimento de panícula como também de forragem, tendo boa adaptabilidade à região do semiárido nordestino, apresenta uma altura média de planta de 200 a 250 cm, com um florescimento de 60 a 70 dias, e um ciclo total de 110 a 120 dias.

A cultivar IPA SF-15 foi desenvolvida pelo instituto de agronomia do Pernambuco (IPA), uma variedade de sorgo de elevado potencial de produção de biomassa, e recomendada para produção de biomassa no Semi-Árido.

Na Figura 2 se encontra representado a distribuição dos tratamentos na área experimental para os dois experimentos conduzido simultaneamente.

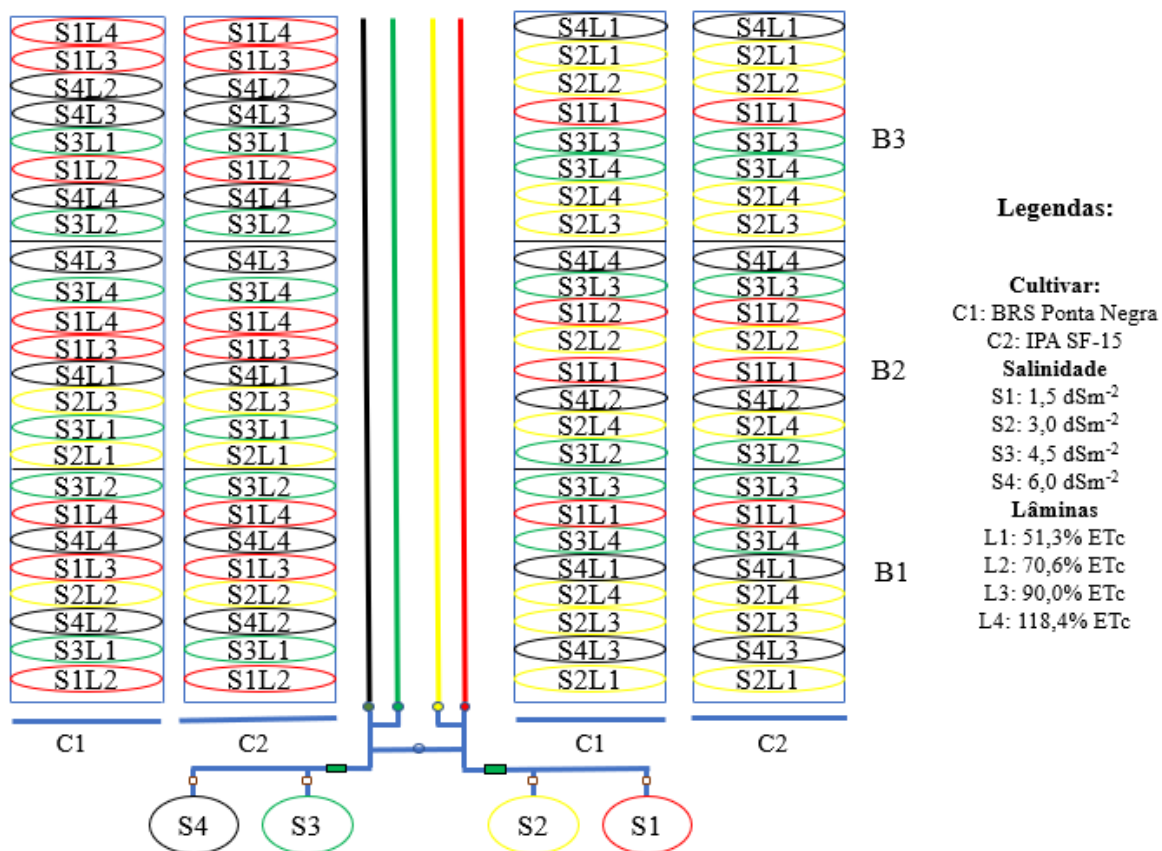


Figura 2. Croquis da área experimental.

3.3 Instalação e condução do experimento

3.3.1 Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi realizado 15 dias antes da instalação do experimento, e constituiu de uma aração seguida por uma gradagem, abertura dos sulcos de plantios e realização da adubação de fundação com 180 kg ha⁻¹ de MAP (10-50-00). Em seguida foi realizado o fechamento dos sulcos e instalado o sistema de irrigação.

A adubação do solo foi realizada de acordo com as recomendações dos resultados da análise do solo e das exigências nutricionais da cultura. Em fertirrigação aplicou-se 60 kg ha⁻¹ de N, utilizando-se como fonte a ureia, e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, usando como fertilizante o KCl. Estes fertilizantes divididos em três aplicações iguais aos 21, 28 e 35 dias após o plantio.

3.3.2 Plantio

A semeadura foi realizada diretamente no local definitivo, 5 sementes por covas. O desbaste foi realizado 10 dias após a semeadura, deixando três plantas por covas, no espaçamento em fileiras duplas 1,40 x 0,25 x 0,30 m.



Figura 3. Semeadura do experimento A e Plantas de sorgo B.

3.4 Manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi gotejamento, com espaçamentos entre emissores (20, 30 e 40 cm) e vazões diferentes (1,69; 1,65; 3,46 e 3,90 Lh⁻¹), para fornecer vazões por metro linear proporcional as lâminas requeridas.

As irrigações foram realizadas diariamente, com base na evapotranspiração da cultura (ETc), estimada multiplicando a evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente de cultura (Kc) diário, determinado pelo método do Kc dual. Os valores de Kcb (Kc basal da cultura) recomendados pela FAO 56 são iguais a 0,15; 0,95 e 0,35 para o sorgo, nas fases inicial e intermediária e no final do ciclo, respectivamente. Os dados diários de ETo estimados diariamente são representados na Figura 4.

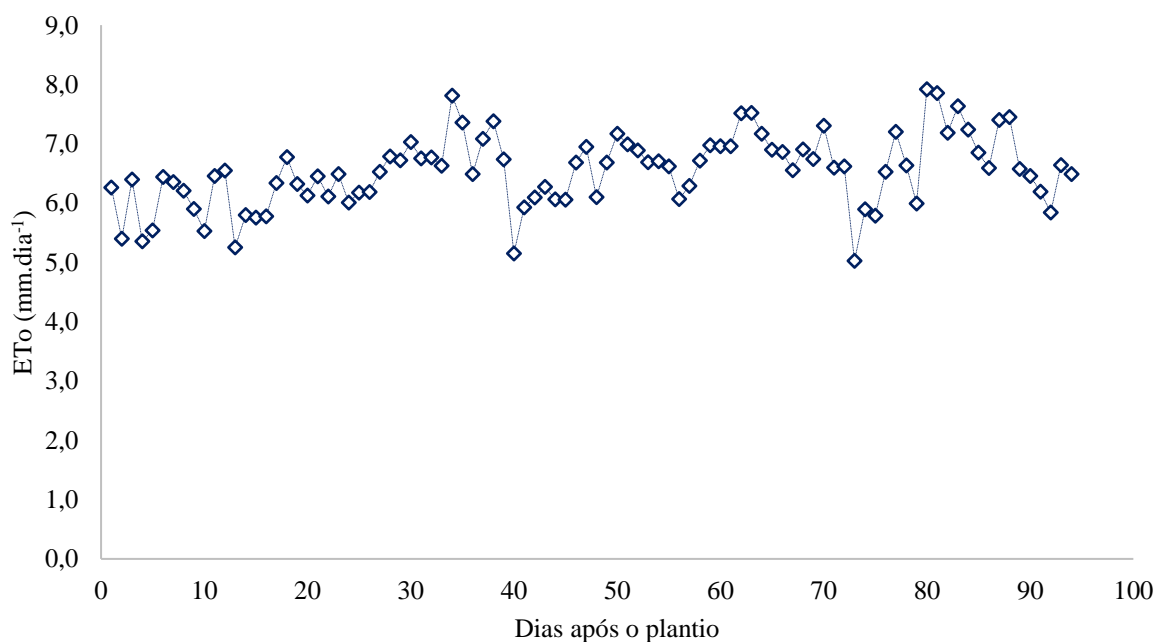


Figura 4. Evapotranspiração da referência (ETo) diária estimadas pela metodologia da FAO (Allen et al., 2006) durante o período de cultivo de sorgo no município de Upanema, RN, Brasil.

3.4.1 Coeficiente da cultura

Os dados de K_c calculados numa planilha utilizando o K_c dual estão nas figuras 5A e 5B.

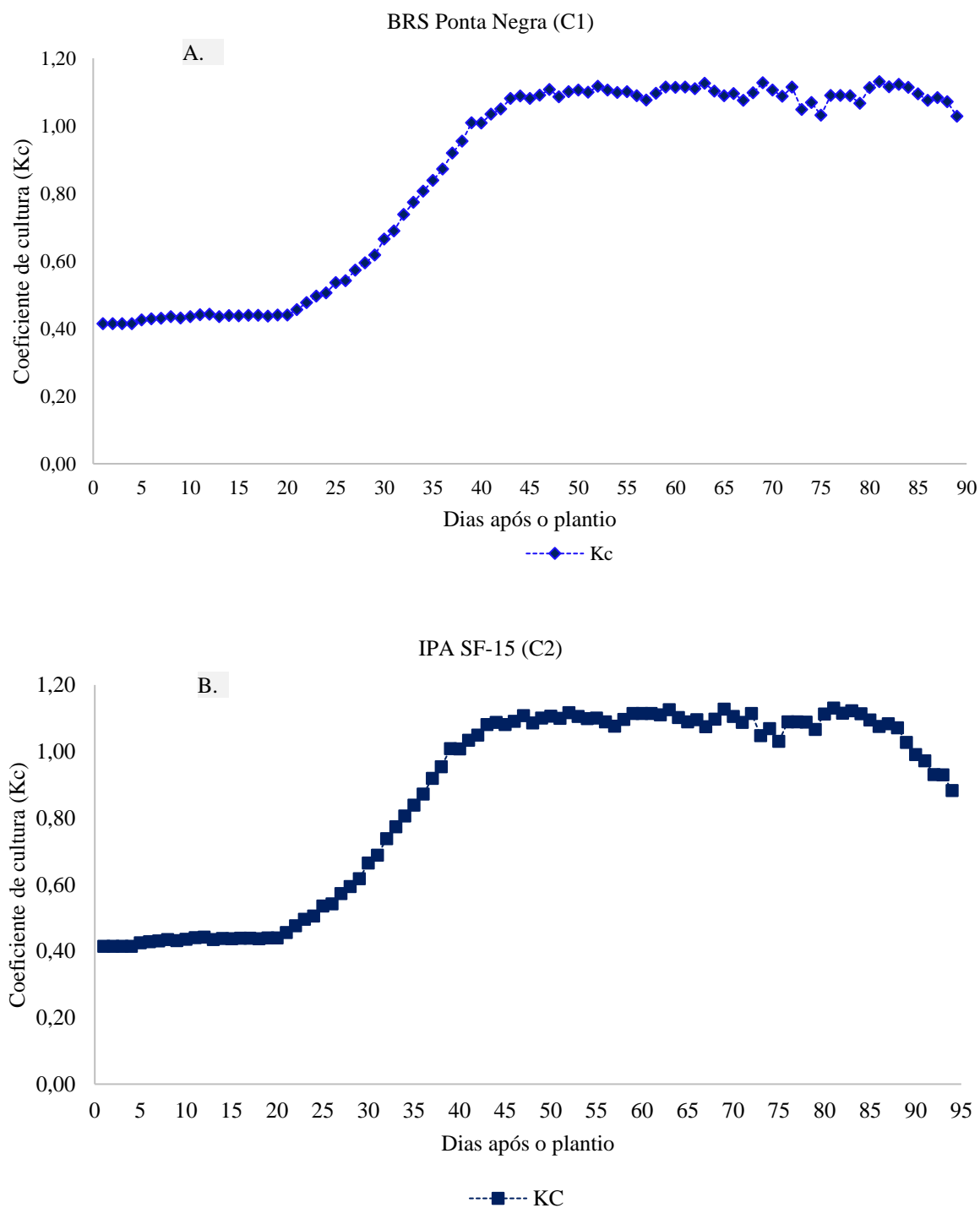


Figura 5. Coeficiente de Cultura (K_c) diário estimados pelo método do K_c dual (Allen et al., 2006) para as cultivar de sorgo 6A: BRS Ponta Negra e 6B: IPA SF-15 cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN, Brasil.

3.4.2 Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura do sorgo para as duas cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15 encontram-se nas Figuras 6.

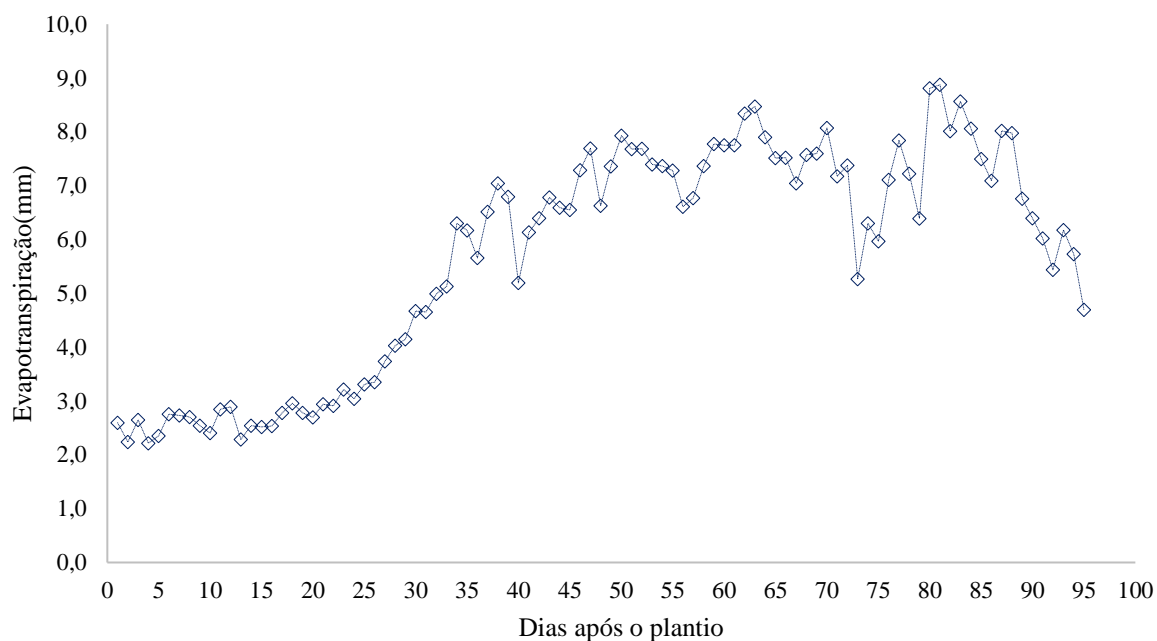


Figura 6. Evapotranspiração da cultura (ETc) diária estimadas pela metodologia da FAO (Allen et al., 2006) para cultivar de sorgo BRS Ponta e IPA SF-15 sob irrigação no município de Upanema, RN.

3.4.3 Lâminas de irrigação aplicada

Os valores das lâminas de irrigação aplicada diariamente, considerando 100% das necessidades hídricas da cultura do sorgo para as duas cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15 encontram-se nas Figuras 7 e 8 respectivamente.

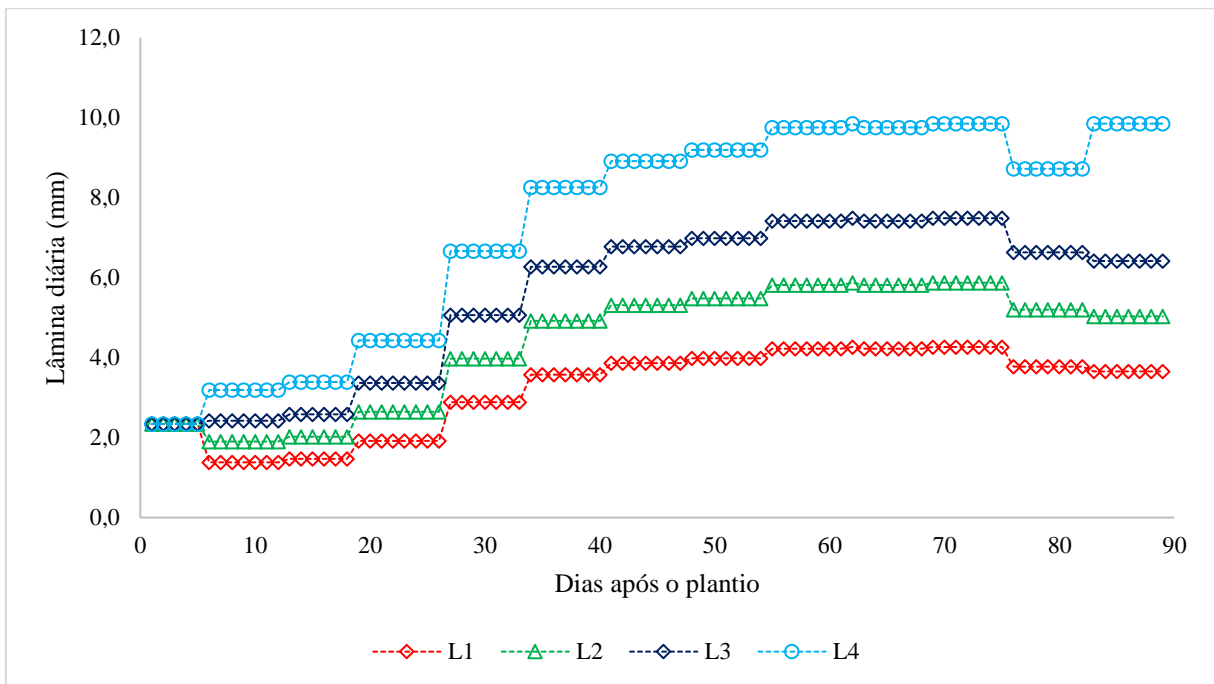


Figura 7. Lâmina de irrigação diária para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN.

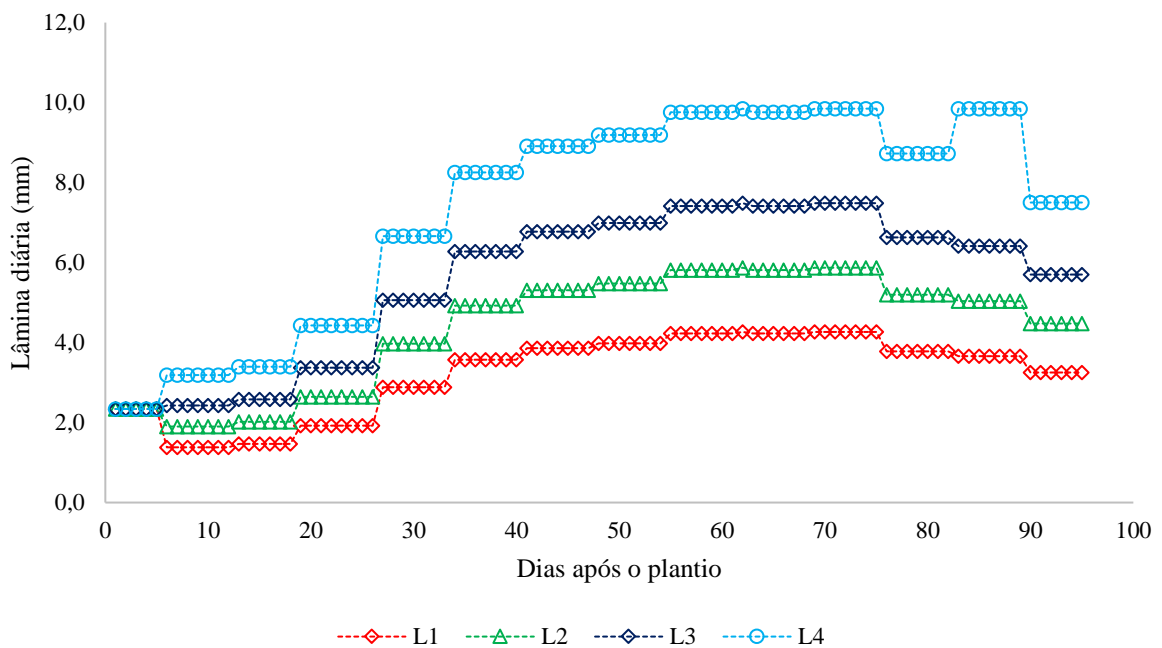


Figura 8. Lâminas de irrigação diária aplicada para cultivar de sorgo IPA SF-15 cultivado sob irrigação no município de Upanema, RN.

3.5 Tratos culturais

Durante a condução do experimento foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários para a cultura. Foram realizado o controle de plantas espontâneas através de capinas manuais,

além de uma aplicação de Clorantraniliprole e Imidacloprido aplicado uma vez em fertirrigação para controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e pulgão (*Aphis gossypii*).

3.6 Características avaliadas

3.6.1 Salinidade do solo

Foram retiradas amostragens do solo com um trado holandês no perfil do solo de 0-40 cm para determinação da salinidade. As amostras foram coletadas no final do experimento em campo. Foram estimadas a condutividade elétrica (CEes) e a relação de adsorção de sódio (RASes) do extrato de saturação do solo a partir do extrato aquoso solo-água 1:2,5. Para isso, em parte das amostras também foram realizadas pasta de saturação e determinada a CE e as concentrações de Na^{2+} e $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, obtendo-se as relações (Eq. 2 e 3).

$$CE_{es} = 6 \times CE_{1:2,5} \quad \text{Eq: (2)}$$

$$RAS = \frac{6Na}{\sqrt{\frac{6(Ca+Mg)}{2}}} \quad \text{Eq: (3)}$$

3.6.2 Teor de nutrientes e sódio e cloreto na folha

Foi coletada a folhas diagnose (Figura 9A) (quarta folha da planta) em seis plantas diferentes, levada para estufa de circulação forçada (Figura 9B) à temperatura de 65 °C, até atingirem a massa constante, em seguida foram processadas em moinho do tipo Willey (Figura 9C) para determinação dos teores P, K, Ca, Mg, Cl e Na.

Para determinação dos teores de nutrientes (P, K, Ca, Mg) e Na, através da decomposição por via seca segundo a metodologia da (EMBRAPA, 2005), as amostras foram incineradas em forno tipo mufla elétrico a uma temperatura entre 500 e 550 °C na atmosfera ambiente (Figura 10A) e dissolvidas com solução de ácido nítrico. Depois determinou-se a concentração de sódio e potássio pela técnica de fotometria de chama, o fósforo pelo método Colorimétrico do Molibdato-vanadato em espectrofotômetro. O Ca e Mg determinado (Figura 11) por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2017). A concentração de cloro foi determinada pelo método de MOHR, extraído pela solução de nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), na forma de íon cloreto, titulado com solução padronizada de nitrato de prata (AgNO_3), na presença de cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador.



Figura 9. Indicação da quarta folha a partir do ápice para diagnose foliar em Sorgo 8A. Estufa com material vegetal 8B moinho do tipo Willey 8C.



Figura 10. Forno tipo mufla elétrico 10A, Cinzas do material incinerado 10B, Dissolução do material incinerado em ácido nítrico 10C.

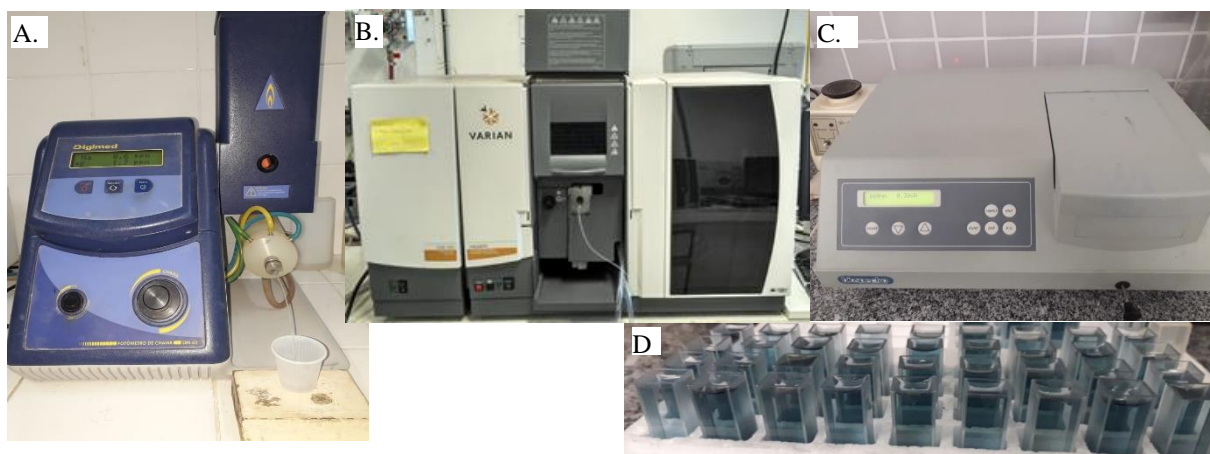
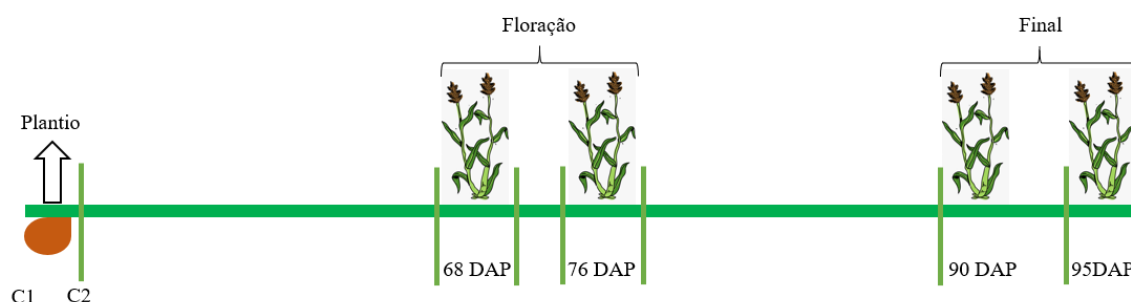


Figura 11. 11A. Espectrofotômetro de chama 11A, Espectrofotômetro absorção atômica 11B, Espectrofotômetro 11C, Cubetas com solução para análises 11D.

3.6.3 Produção

Nos dois experimentos foram realizadas duas colheitas em período distintos (floração plena e frutos na maturação fisiológica) para cada cultivar (Figura 12); para avaliação de massa seca e fresca. A produção foi avaliada a partir da contagem do número de plantas e da pesagem do material vegetal (folhas, colmos e cachos) colhido numa fileira de 3 m, utilizando uma balança digital portátil de gancho com capacidade de 50 kg e resolução de 10 g.



Legenda:

C1: BRS Ponta Negra

C2: IPA SF-15

DAP: Dias após o plantio

Figura 12: Linha do tempo das avaliações durante a condução do experimento.

3.6.4 Porcentagem de plantas Frutificadas

Na parcela experimental foram contadas as plantas que apresentava a emissão de inflorescência nos dois períodos avaliados para as duas cultivares e determinadas a porcentagem de plantas frutificadas relação ao total de plantas na parcela nesses períodos.

3.6.5 Rendimento de planta

O rendimento de massa fresca foi calculado a partir da massa média de plantas pela razão entre a massa e o número de plantas, considerando o stand médio de plantas na área cultivada na ocasião de cada colheita, e os valores foram expressos em $Mg\ ha^{-1}$.

3.6.6 Porcentagem de massa seca

Foi obtida a partir da coletada de seis plantas da parcela experimental. Após a colheita essas plantas foram separadas em folhas, colmo e inflorescência e, em seguida pesada para obtenção da massa fresca total. Na sequência foram retiradas amostras dos respectivos materiais frescos e colocados em estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C, até

atingirem a massa constante para obtenção da massa seca. De posse destes dados estimou-se a porcentagem de massa seca em cada órgão e calculou-se a média ponderada para toda a planta.

3.6.7 Massa seca total

A massa seca total, expressa em Mg ha^{-1} foi o resultado do produto entre rendimento de massa fresca e o teor de massa seca na planta.

3.6.8 Massa fresca do colmo

Foi realizado o corte das plantas da área útil de três metros, feito a pesagem em uma balança digital, em seguida foi retirado uma amostra aleatória de plantas levadas ao laboratório para separação do colmo, em seguida foi feita a pesagem do mesmo e determinado a porcentagem de massa em relação a massa total da planta. De posse dos dados foram determinados a massa fresca do colmo multiplicando a porcentagem que ele representa na planta pelo rendimento de massa fresca obtida na parcela, expresso em Mg ha^{-1} .

3.7 Análises estatísticas

Os dados foram interpretados por meio da análise de variância utilizando-se o teste F e aplicando análise de regressão, modelos polinomiais para lâminas e salinidade ao nível 5% de significância. As análises foram determinadas conforme Banzatto e Kronka (2006), procedendo os cálculos em planilha eletrônica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Salinidade do solo

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 3), a condutividade elétrica do extrato de saturação e relação de adsorção de sódio no extrato de saturação foram influenciadas significativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da água de irrigação nas cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15. Com relação as lâminas aplicadas houve efeito significativo ($p < 0,01$) para condutividade do extrato de saturação e relação de adsorção de sódio no extrato de saturação para cultivar BRS Ponta Negra e efeito de significativo ($p < 0,05$) para IPA SF-15. O pH apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) pela lâmina de irrigação para cultivar BRS Ponta Negra, já para IPA SF-15 não foi observado efeito significativo como também para salinidade. Não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre salinidade e lâminas para as variáveis analisadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, para Potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e Relação de adsorção de sódio no extrato de saturação (RASes) para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função do estresse hídrico e salino.

FV	GL	BRS Ponta Negra			IPA SF-15		
		pH	CE _{es} (dS m ⁻¹)	RAS _{es} (mmol L ⁻¹) ^{0.5}	pH	CE _{es} (dS m ⁻¹)	RAS _{es} (mmol L ⁻¹) ^{0.5}
Significância estatística pelo teste F							
Sal	3	0,917	0,000	0,000	0,700	0,000	0,000
L	1	0,589	0,000	0,000	0,8863	0,000	0,000
Q	1	0,679	0,386	0,516	0,5789	0,2851	0,1780
Lam	3	0,090	0,007	0,005	0,394	0,010	0,011
L	1	0,017	0,000	0,000	0,2184	0,0012	0,0013
Q	1	0,197	0,155	0,595	0,2374	0,7662	0,4617
S x L	9	0,317	0,586	0,191	0,646	0,079	0,264
CV	(%)	3,22	31,76	21,26	2,40	30,95	26,78
Média		7,85	6,79	13,53	7,99	6,65	14,15

L – efeito linear; Q – efeito quadrático

Verificou-se que condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (CEes) apresentou comportamento linear com aumento da salinidade da água de irrigação, para as duas cultivares (Figura 13); o incremento de CEes para salinidade dos extremos 1,5 e 6,0 dS m⁻¹ foi de 200,6% e 188,3% para BRS Ponta Negra e IPA SF-15 respectivamente, isso mostra que o aumento da CEa da água de irrigação ocorre uma elevada concentração de sais no extrato de saturação do solo, nesse sentido experimentação de (Ayers e Westcot, 1999) e Medeiros et al. (1998), retificam os resultados encontrados. Confirmando os efeitos de interação dos sais solúveis da água com o solo no aumento da Condutividade elétrica do

estrato de saturação. Santana et al. (2007) mostram que o aumento da CEa da água de irrigação ocorre um incremento na CEes do extrato de saturação.

De acordo com os valores estimado da equação o comportamento da CEes para as duas cultivares são semelhantes, intensificando seus valores de acordo com aumento da condutividade elétrica da água. Os dados estimados variaram entre 3,39 a 10,20 dS m⁻¹ para BRS Ponta Negra e 3,42 a 9,87 dS m⁻¹ para IPA SF-15 para CEa de 1,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente. O incremento da CEes por unidade de CEa foi por volta de 1,5, que é o fator considerado por Ayers & Westcot (1999) para irrigação convencional e fração de lixiviação de cerca de 15%. O coeficiente linear variou entre as cultivares de 1,0 a 1,2. Este valor corresponde a um valor que corresponde a CE inicial do solo com os fertilizantes aplicados e não absorvidos.

Para relação de absorção de sódio no estrato de saturação do solo (RASes) para os dois experimentos comportou-se de forma linear crescente com aumento da CEa de irrigação. Os valores de RASes para as CEa de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ estão acima de 15 que caracteriza solos sódico, tornando um fator preocupante na utilização do uso contínuo dessas águas na irrigação que poderá tornar salinização e sodificação, tornando impróprio para uso na agricultura. Com a elevação da RASes, o sódio passa a se encontrar em maior proporção na solução do solo em relação a outros cátions, trazendo prejuízo as propriedades físicas e química do solo, além do desbalanço nutricional para as plantas, provocando a redução do crescimento e sérios prejuízo na produção agrícola (CAVALCANTE et al., 2010)

No solo cultivado com BRS Ponta Negra (Figura 13A) apresentou valores estimados de 4,90 a 22,20 (mmol L⁻¹)^{0,5} que representa um incremento de 354,8%, para o cultivado com IPA SF-15 (Figura 13B); foi de 5,99 a 22,31 (mmol L⁻¹)^{0,5} com incremento 272,3% RASes para salinidade do menor para o maior.

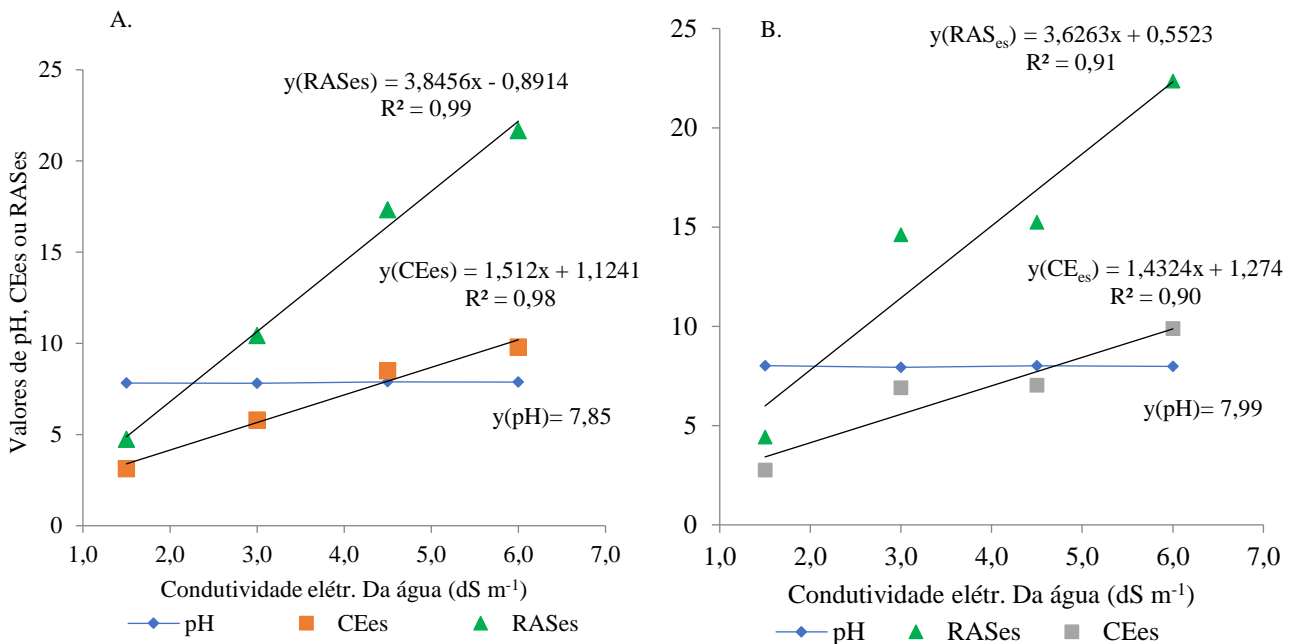


Figura 13. Valores de pH, CEes e RASes no extrato de saturação do solo considerando a média da camada do solo de 0-40 cm para BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

Na (Figura 14) é possível observar a redução da CEes para os dois experimentos com o aumento da lâmina de irrigação. Podemos observar na (Figura 14A e 14B) a redução da CEes na solução do solo, para as lâminas da extremidade que representa (51 e 118% da ETc) com uma redução da CEes de 47,0 e 37,5% respectivamente nas duas cultivares. Isso ocorre devido ao aumento da disponibilidade de água no solo ocasionando a lixiviação dos sais na solução do solo.

Em termos relativos a aplicação da menor lâmina (295 mm) equivale a uma redução da CEes de 0,12% por mm aplicado, já uma lâmina de (572,9 mm) que representa 100% da ETc a diminuição por milímetro aplicado é de 0,19%, mostrando que à medida que ocorre incremento na lâmina de irrigação (Figura 14A) a CEes vai reduzindo devido maior dissolução dos sais e suas perdas por lixiviação. A redução da CEes (Figura 14B) é menor em relação a cultivar BRS Ponta Negra, apresentando uma redução de 0,09% por milímetro para salinidade de 1,5 dS m⁻¹, para condição de aplicação da lâmina de (311 mm) que representa 51% da ETc, para lâmina de 100% da ETc que representa (604,2 mm) a redução em termos relativo foi de 0,13% por milímetro aplicado essa redução pode estar relacionado com a lixiviação dos nutrientes para camada mais profundas, ou a capacidade da cultivar absorver esses sais do solo.

O mesmo ocorre para RASes apresentando uma queda na proporção de 37,4 e 33,0% nos valores de RASes com aumento da disponibilidade hídrica (Figura 14). A redução ao aplicar a menor lâmina (295 e 311 mm) que equivale a 51% da ETc representa uma redução de 0,10 e 0,08% por milímetro aplicado, já para lâmina (572,9 e 604,2 mm) que equivale a 100 da ETc a diminuição é 0,13 e 0,11% por milímetro aplicado para BRS Ponta Negra e IPA SF-15, respectivamente. Ao incrementar a lâmina em 18% da necessidade da cultura essa redução em RAS equivalera a 0,16 e 0,12% por milímetro aplicado reduzindo assim RASes do solo dando ótimas condições para o desenvolvimento das plantas. Com aumento da lâmina de irrigação há uma diminuição considerada da mesma o que melhora as condições para a agricultura nesse solo. Já para pH podemos observar que o aumento da lâmina de irrigação altera o seu comportamento no solo ajustando-se de forma linear crescente (Figura 14A). A menor redução para IPA SF-15 possivelmente foi pelo maior consumo de água pela mesma, pois tem um porte muito maior, aumentando o Kc (Figura 14B).

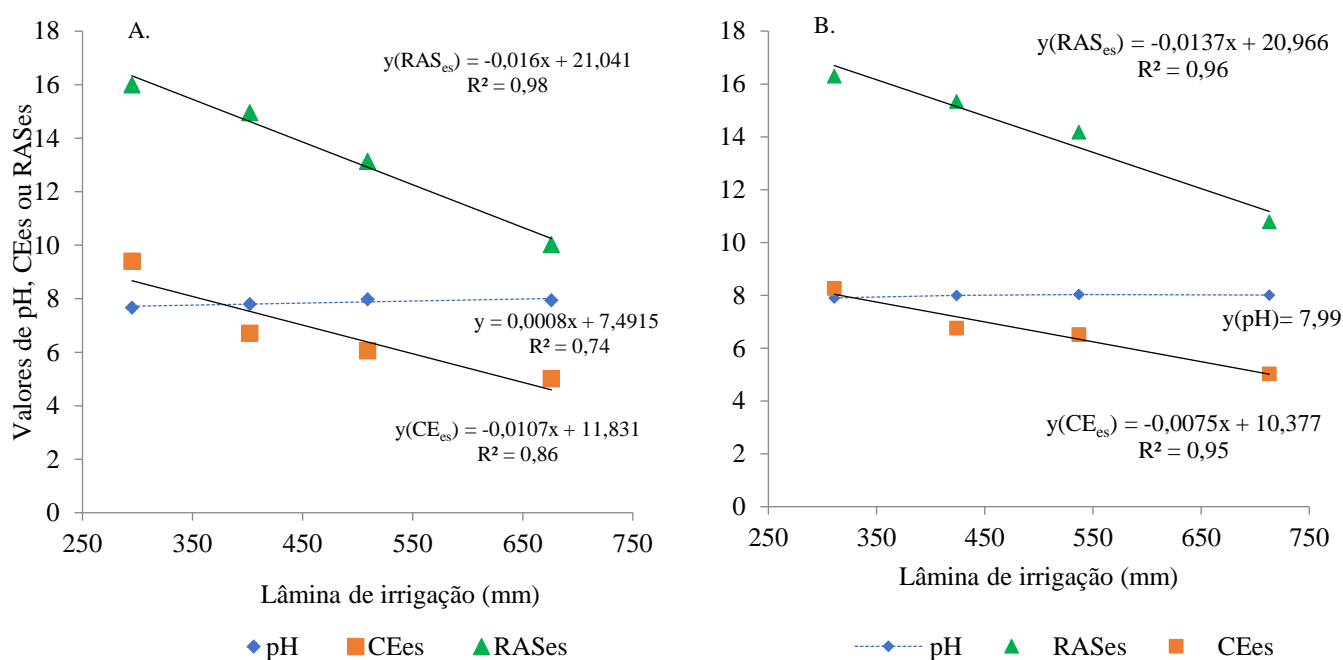


Figura 14. Valores de pH, CEes e RASes no estrato de saturação do solo considerando a média do perfil do solo para BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função da lâmina de irrigação

4.2 Teor de nutrientes e de sódio e cloro

Verificou-se com análise de variância, (Tabela 4) que houve interação entre os fatores salinidade e lâmina para teor de nutriente, potássio na folha para cultivar BRS Ponta Negra, para as demais variáveis não houve interação, assim como todas variáveis da cultivar IPA SF-

15. No fator isolado de salinidade, o teor de nutriente foi significativo para sódio, magnésio e fósforo para a cultivar BRS Ponta Negra, já para IPA SF-15 o magnésio e cloro foram significativos. Para o fator lâmina de irrigação, sódio e cálcio foi significativo para BRS Ponta Negra e fosforo e potássio foi significativo para IPA SF-15, nos demais não houve efeito significativo.

O teor de magnésio apesar de ter apresentado diferenças significativas entre as lâminas de irrigação (Tabela 4), os modelos de regressão linear e quadrático não se ajustaram aos dados com valores de R² muito baixos na folha. Para cultivar BRS Ponta Negra submetida ao estresse hídrico foi significativo, no entanto não se ajustou a nenhum dos modelos testados. Contudo significa que algum modelo, foi significativo, mas provavelmente não teria explicação fisiológica plausível neste comportamento.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características de teor de nutriente na folha diagnose para cultivar de sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15 em função do estresse hídrico e salino.

FV	GL	Na	K	Ca	Mg	P	Cl
		(g.kg ⁻¹)					
Significância estatística pelo teste F							
BRS Ponta Negra							
Sal	3	0,079	0,047	0,402	0,055	0,011	0,287
L	1	0,037	0,31	0,463	0,008	0,001	0,506
Q	1	0,365	0,452	0,593	0,765	0,769	0,215
Lam	3	0,088	0,003	0,056	0,046	0,186	0,503
L	1	0,022	0,001	0,019	0,130	0,148	0,604
Q	1	0,264	0,037	0,869	0,344	0,447	0,526
S x L	9	0,178	0,000	0,355	0,288	0,887	0,828
IPA SF-15							
Sal	3	0,943	0,227	0,509	0,167	0,868	0,001
L	1	0,731	0,334	0,169	0,043	0,982	0,000
Q	1	0,628	0,093	0,816	0,543	0,405	0,706
Lam	3	0,421	0,002	0,150	0,324	0,000	0,427
L	1	0,288	0,001	0,768	0,152	0,000	0,153
Q	1	0,689	0,045	0,494	0,299	0,086	0,977
S x L	9	0,262	0,766	0,054	0,102	0,241	0,594
CV	C1	11,36	6,08	18,3	15,24	36,53	19,94
CV	C2	11,3	12,82	16,06	20,99	24,93	10,93
Média	C1	0,53	17,52	4,20	1,88	2,03	60,63
Média	C2	0,51	13,62	4,31	2,13	1,46	90,04

L – efeito linear; Q – efeito quadrático

Na (Figura 15) está exposta a regressão para interação entre os fatores condutividade elétrica da água de irrigação e lâminas de irrigação, mostrando que para a lâmina L1(295 mm), apresentou ajuste quadrático crescente para o nível de CEa da irrigação, com teor

máximo de K ($19,24 \text{ g kg}^{-1}$), obtido segundo a equação de regressão, quando irriga com água de CE de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$; observa-se também que houve aumento no teor de K, em relação a água de CE de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, de 17,9, 24,9 e 21,0% ao irrigar com água de 3,0, 4,5 e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, irrigando com a menor lâmina de irrigação que representa 50% ETc. Esse resultado também foi observado por SOUSA et al (2012), ao irrigar com água de diferentes níveis de salinidade. Porém esse resultado diverge dos obtidos por outros autores que indica redução no teor de K na folha quando submetido aos estresses salino, isso pode estar relacionado ao antagonismo entre o Na e K durante seu processo de absorção, como também a limitação hídrica.

Na irrigação com lâmina de 402 mm (L2), o comportamento já apresentou o inverso da lâmina (L1) com comportamento quadrático decrescente. Segundo a equação de regressão o teor mínimo de K foi de $17,28 \text{ g kg}^{-1}$, para irrigação com água de CEa de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$, podemos observar que a redução de K variou de $18,84 \text{ g kg}^{-1}$ ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$) para $17,28 \text{ g kg}^{-1}$ ($3,9 \text{ dS m}^{-1}$) valor mínimo encontrado o que equivale a uma redução de 9,1%, e um máximo teor de K na folha para a menor nível de salinidade no estudo $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, quando irrigado com 71% da ETc. Ao ser irrigada com água de condutividade elétrica a partir de 3,9 até o valor máximo nesse experimento que é de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ocorre aumento no teor de potássio de 7,4%.

Para a lâmina L3 não houve ajustou a nenhum modelo, sendo a média dos tratamentos $17,74 \text{ g kg}^{-1}$. Já para a lâmina L4 (676 mm) o ajuste foi linear decrescente com teores de nutriente variando de 18,39 a $14,45 \text{ g kg}^{-1}$, para as CEa de 1,5 a $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, mostrando que com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e aumento da lâmina o teor de potássio na folha diminui, isso pode estar relacionado com aumento da lixiviação da água e conseqüentemente a perda desse nutriente.

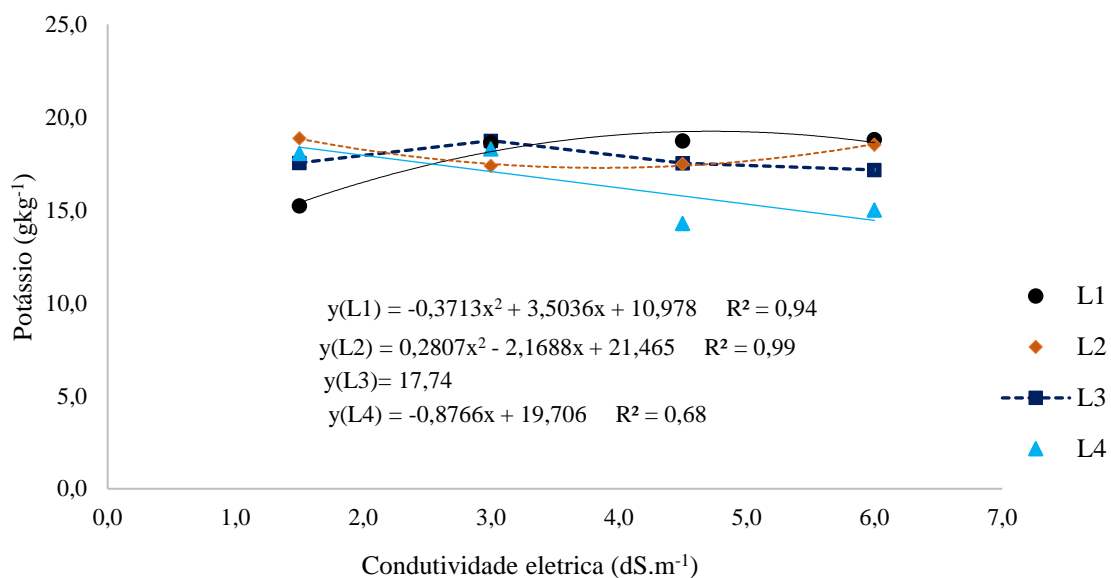


Figura 15. Teor de potássio na folha diagnose na cultivar BRS Ponta Negra em função da condutividade elétrica da água de irrigação para cada lâmina de irrigação estudada.

Na (Figura 16) está exposta a interação entre os fatores lâminas de irrigação e condutividade elétrica da água de irrigação, pode-se ver que a condutividade elétrica da água de irrigação para S1 (1,5 dS m⁻¹) ajustou-se de forma quadrática variando o teor de potássio na folha de 15,37 a 17,64 g kg⁻¹ para as lâminas L1(295 mm) e L3 (509 mm). Mostrando que ao disponibilizar uma água de condutividade elétrica menor reduzindo a lâmina de irrigação entre 51 e 90% da ETc o teor de K aumenta na planta, no entanto ao elevar a disponibilidade de água com mesma CEa a uma redução gradativa no teor de K na planta.

Para S3 e S4 (4,5 e 6,0 dS m⁻¹), houve um ajuste linear negativo das equações mostrando que à medida que aumenta o incremento da lâmina de irrigação o teor de K na folha reduz gradativa em 28,7 e 26,0% respectivamente. Já a S2 (3,0 dS m⁻¹), não houve ajuste significativos, apresentando á média de 18,27 g kg⁻¹, independente da lâmina de irrigação aplicada.

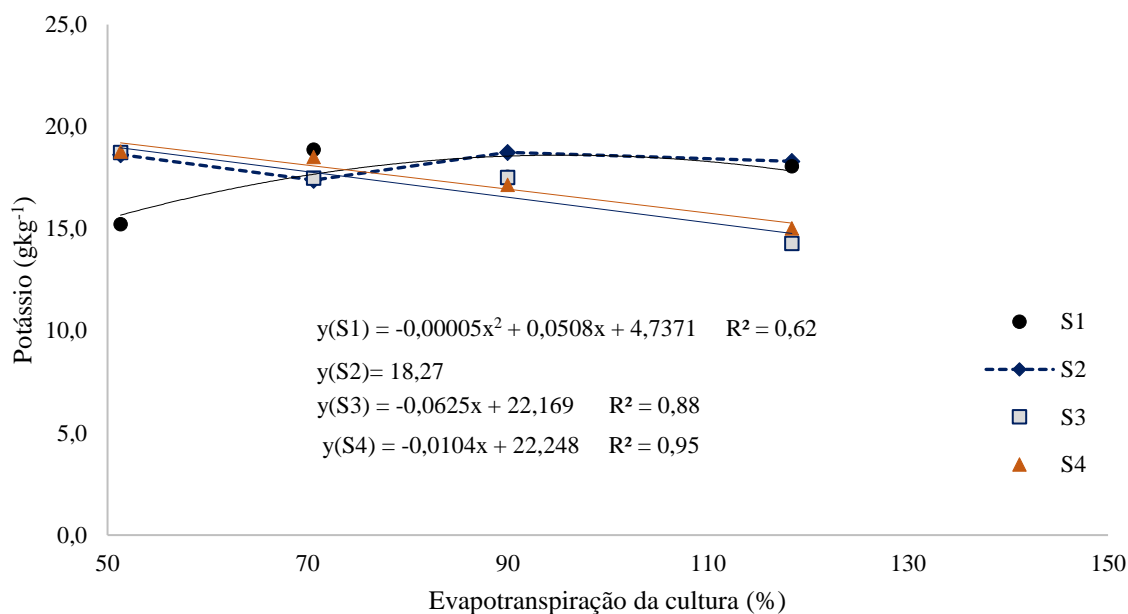


Figura 16. Teor de potássio na folha diagnose na cultivar BRS Ponta Negra em função dos níveis de evapotranspiração da cultura para cada condutividade elétrica da água de irrigação.

No teor de magnésio (Mg), o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação foi linearmente decrescente (Figura 17), apresentando um incremento de 3,4 e 3,5% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação para BRS Ponta Negra e IPA SF-15 respectivamente. De acordo com o modelo de regressão o teor para BRS Ponta Negra foi de 2,04 a 1,72 g kg⁻¹, já para IPA SF15 essa variação foi de 2,32 a 1,95 g kg⁻¹ ao irrigar com água de salinidade de 1,5 a 6,0 dS m⁻¹, respectivamente. Apesar da redução do sódio na planta o teor de magnésio influenciado pela alta presença dos teores de sódio na solução do solo, o que limita a absorção do Mg pela planta.

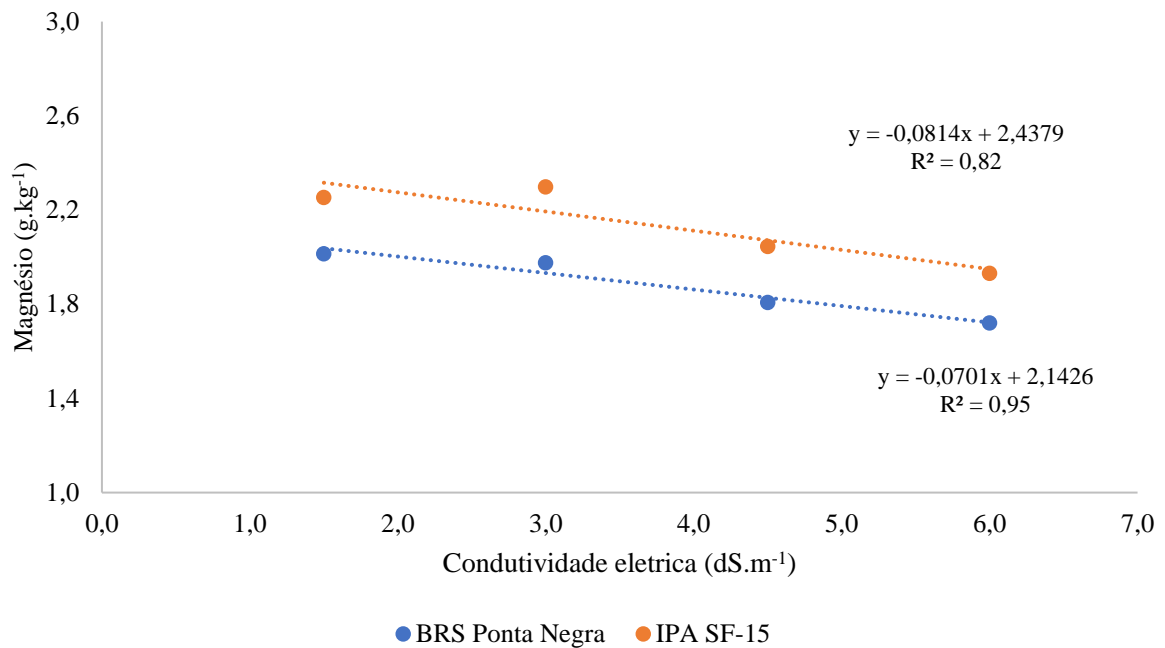


Figura 17. Teor de magnésio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação

No teor de fosforo (P) na folha, o efeito do nível salino da água de irrigação para cultivar BRS Ponta Negra (Figura 18) foi linearmente decrescente, apresentando uma variação no teor de P de 2,55, 2,20, 1,86 e 1,51 g kg⁻¹, que representa em CEa de irrigação 1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente. Nessa variação houve um incremento negativo em termos relativo de 22,2%, quando comparada a irrigação com água possuindo CEa de 1,5 dS m⁻¹, e água de 6,0 dS m⁻¹, com incremento de 9,0% por aumento unitário da CEa de irrigação, mostrando que esta cultivar quando submetida a variação da CEa o teor de fosforo na folha reduz. Corroborando com Farias et al (2009) que observou a redução de P em plantas de glicídica sob condições de concentração de NaCl na solução nutritiva. Porém divergem com alguns resultados da literatura que mostra o aumento dos teores de fosforo no limbo foliares de plantas de feijão de corda, sorgo forrageiro e berinjela irrigadas com águas salinas (BOSCO et al., 2009; LACERDA et al., 2006; SOUSA et al., 2007).

A redução do teor de P no tecido da planta ocorre em razão dos efeitos da força iônica, e diminuição da solubilidade do nutriente na condição de salinidade. Alguns resultados experimentais dos teores de P em plantas submetidas a salinidade variam durante o crescimento e desenvolvimento da cultura (LACERDA et al., 2006). De acordo com Sousa et al (2010b) a interação entre salinidade e a nutrição mineral do P é complexa, dependendo da espécie, concentração no solo e dos sais presente na água de irrigação, justificando as

diferenças dos resultados com a literatura, e reforçando com o resultado encontrado para cultivar IPA SF-15, onde o teor de P não foi influenciado quando submetida a diferentes salinidade da água de irrigação.

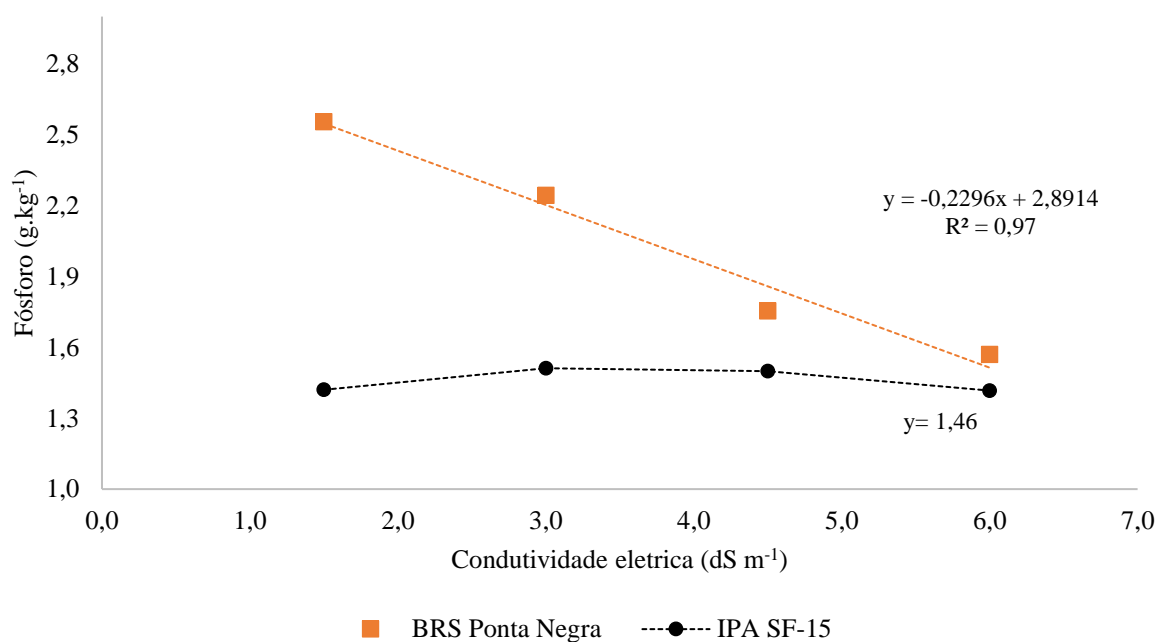


Figura 18. Teor de fósforo na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

Segundo o modelo de regressão (Figura 19) a partir da condutividade elétrica da água de irrigação de 1,5 dS m⁻¹, o teor de sódio na folha reduziu linearmente com incremento da CEa de irrigação, apresentando um decréscimo relativo de 22,2% quando comparada a irrigação com água possuindo CEa de 1,5 dS m⁻¹, e água de 6,0 dS m⁻¹, resultando incremento de 2,0% por unidade unitária na condutividade elétrica da água de irrigação. A redução no teor de sódio na planta com aumento da salinidade da água de irrigação pode estar relacionada a capacidade do controle na absorção do sódio na raiz da planta o que reduz os teores na folha.

Estudo realizado por Sousa et al (2010b) mostram que os crescentes níveis de salinidade da água de irrigação aumentam os teores de sódio na planta do milho. Sendo também observado por (GARCIA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009) o aumento da concentração de sódio na parte aérea de milho sob condições de estresse salino. Apesar da literatura relatar o aumento do teor de sódio na planta sob a CEa de irrigação, nesse trabalho não foi possível constatar esse aumento, podendo está relacionado a cultivar em limitar absorção do sódio, ou

a realização da compartimentação a nível celular reduzindo assim a toxicidade por este íon nos sítios metabolicamente ativos das folhas.

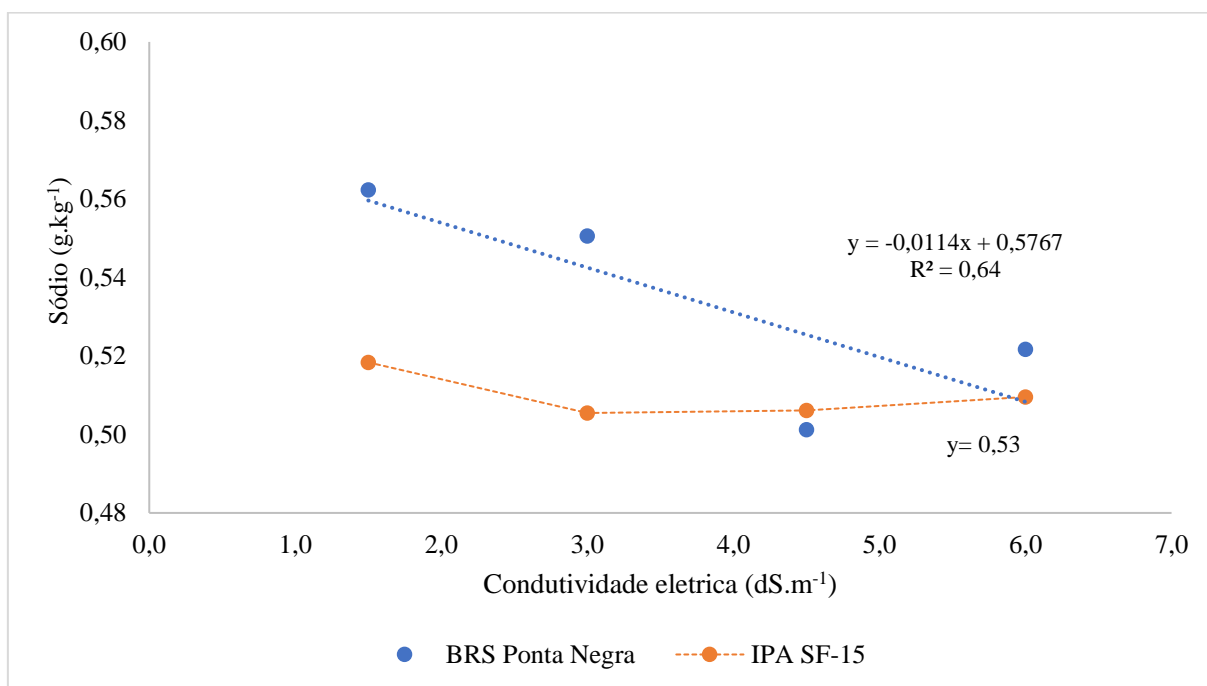


Figura 19. Teor de sódio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

O teor de cloreto (Cl) na folha, para aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 20) comportou-se de forma linearmente decrescente, com variação de acordo com estimativa de regressão de 24,64, 23,22, 21,80 e 20,38% para as CEa de irrigação de 1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente. Ocorreu uma redução de 22,32% no teor de Cl na folha na variação da menor (1,5 dS m⁻¹) para o maior (6,0 dS m⁻¹). A redução dos teores de cloreto nas folhas com aumento da CEa pode ser resultante, provavelmente, da menor absorção radicular e da possível forte retenção desse íon nos colmos (SOUSA et al., 2010a), mecanismo para diminuir o teor tóxico para planta.

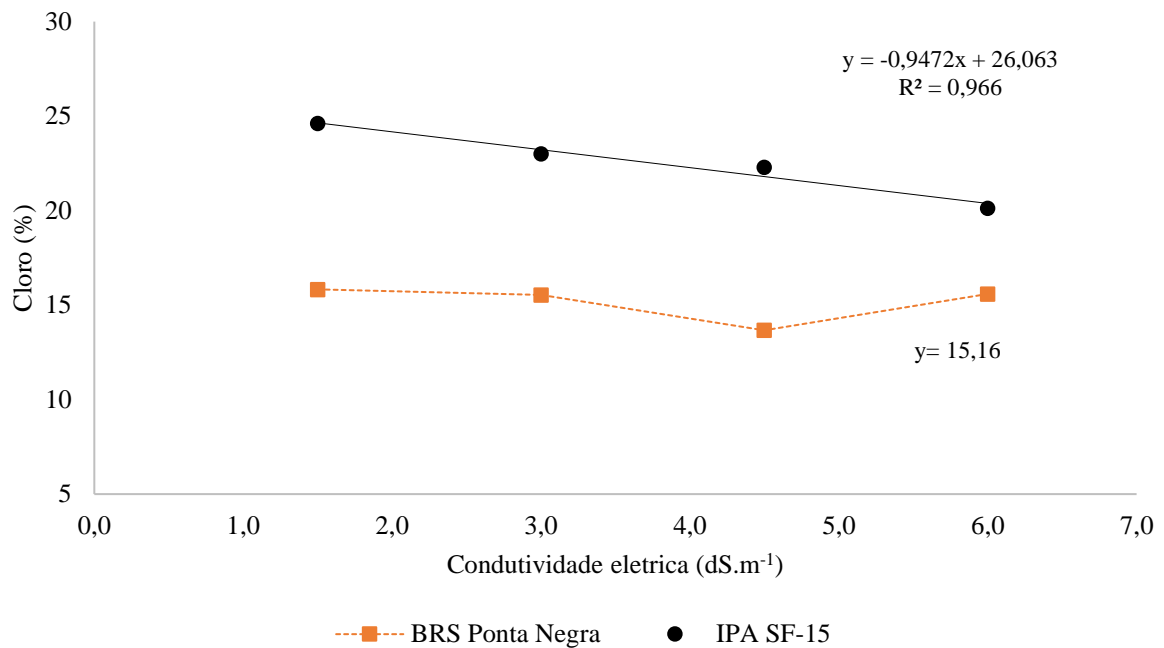


Figura 20. Teor de cloro na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

Os teores observados de cloro na folha não afetaram os dados de produção apresentado nesse trabalho. A literatura mostra que o altas concentração de Cl induz a distúrbios nutricionais, como na interferência na absorção de íons (Ca, Mg, Mn, Zn e B), além da toxicidade nos tecidos foliares (LUCINI et al., 2016). A concentração crítica de toxicidade de cloro nos tecidos foliares variam de 4 a 7 g kg⁻¹ e de 15 a 50 g kg⁻¹ para espécies sensíveis ao Cl e tolerantes, respectivamente (MARSCHNER, 2012).

Os teores encontrados estão dentro da variação recomendada para plantas moderadamente tolerante, como sorgo como citado pela literatura. O cloro com altos teores na folha, está diretamente relacionado no aumento da suculência foliar (LACERDA et al., 2006; SOUSA et al., 2010a), sendo mecanismos de proteção mais eficientes, para aumentar à diluição parcial dos sais pelo aumento no grau de suculência.

Para cultivar IPA SF-15 não houve ajuste de equação, apresentando a média de 15,16%, independente da condutividade da água de irrigação, porem valores acima do tolerável para as culturas tolerantes, no entanto esses teores não afetaram a produção da cultura. Mostrando o potencial da cultivar tolerar esses teores sem danos a mesma.

Pode ser observado que o teor de cloro absorvido pela planta foi superior aos do sódio com aumento da salinidade, devido a sua mobilidade e transportes elevados, devido ocorrer com ânion livre na planta.

Como verificado (Figura 21) a lâmina de irrigação afetou o teor de sódio na folha da cultivares BRS Ponta Negra, se ajustando ao modelo linear decrescente, reduzindo o teor de Na^+ com os níveis crescente da lâmina de irrigação. De acordo com a regressão houve uma variação de 0,56 a 0,50 g kg^{-1} , para a lâmina de irrigação 295 e 676 mm que equivale a 51 e 118% da ETc respectivamente. A partir da menor lâmina (51%), o teor de Na^+ reduziu linearmente com incremento da lâmina de irrigação, apresentando decréscimo relativo de 18,9%, quando aplica lâmina é de 51 e 118% da ETc , resultando incremento de 0,16% por milímetro.

Para cultivar IPA SF-15 os diferentes níveis de lâmina de irrigação não influenciaram para redução do teor de sódio na planta, apresentando média de 0,40 g kg^{-1} .

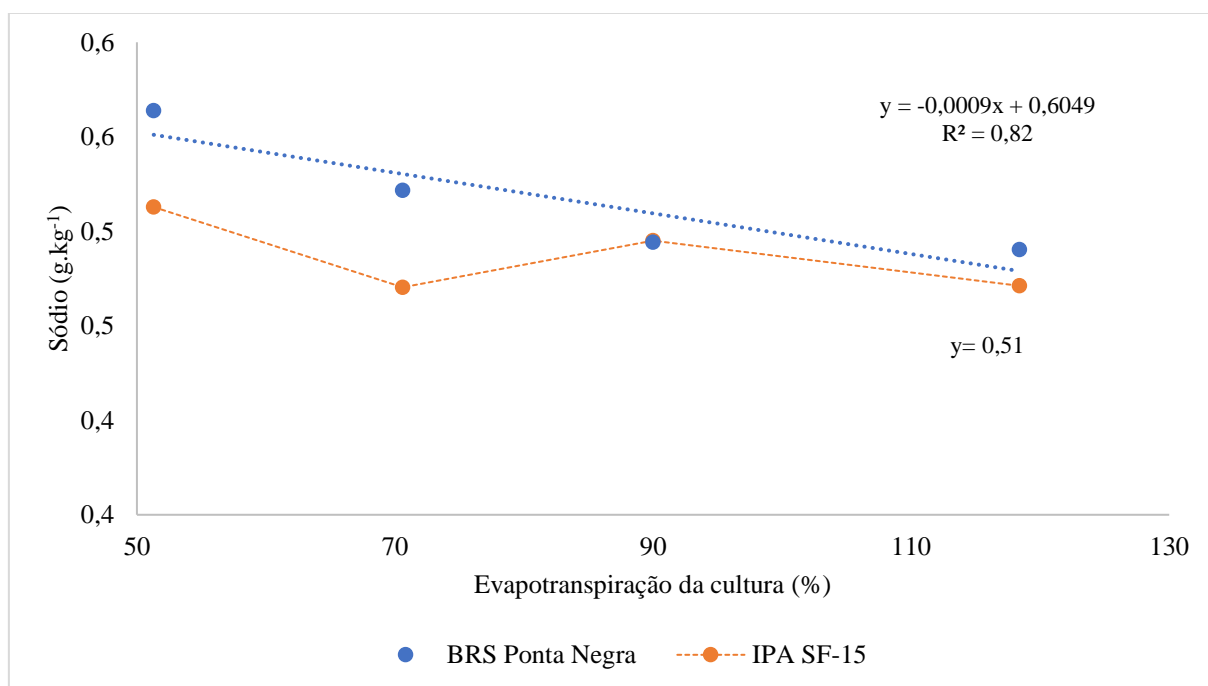


Figura 21. Teor de sódio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.

O teor de K^+ na folha (Figura 22) ajustou-se de forma linear decrescente para o modelo de regressão aplicado apresentando uma variação no teor de 14,78 a 12,29 g kg^{-1} , para 51 e 118% da ETc , em termos relativo esse incremento é de 1,49% para a lâmina aplicada, resultando em 0,25% por milímetro aplicado. Essa redução pode estar relacionada a competição de outros elementos como sódio, que compete com o K^+ pelo mesmo sitio de

troca, com isso a absorção fica limitada pela planta. A disponibilidade maior de água faz com que o nutriente possa ser lixiviado ficando fora da área de absorção das raízes da planta.

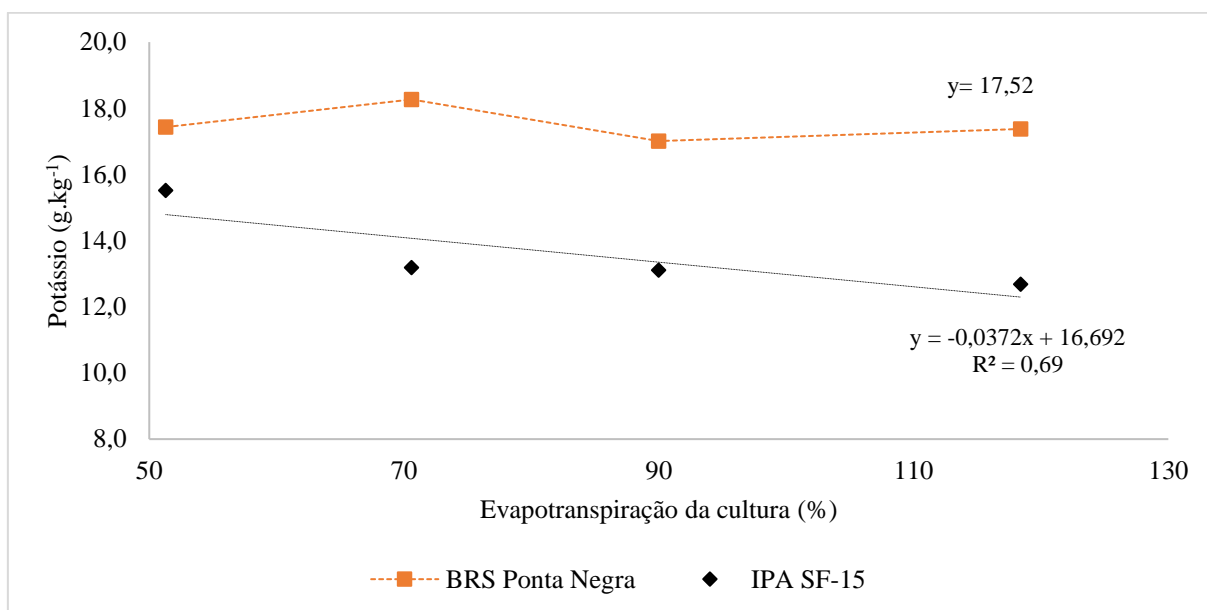


Figura 22. Teor de potássio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) na folha da planta, reduziu linearmente com aumento da disponibilidade de água para irrigação (Figura 23), apresentando uma redução de 0,24% por aumento unitário da lâmina de irrigação, chegando segundo o modelo da regressão a um teor que varia de 4,55 a 3,80 g kg^{-1} , ao irrigar com uma lâmina de 51 e 118% da ETc que representa em termos de lâmina aplicada 295 e 676 mm aplicado.

A redução do teor de Ca^{2+} na folha com aumento da disponibilidade hídrica pode estar relacionado com os altos teores de outros elementos no solo como Na^+ que ao se encontrar em grande quantidade desloca o Ca^{2+} da plasmalema das células radiculares, perda da integridade da membrana e efluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos.

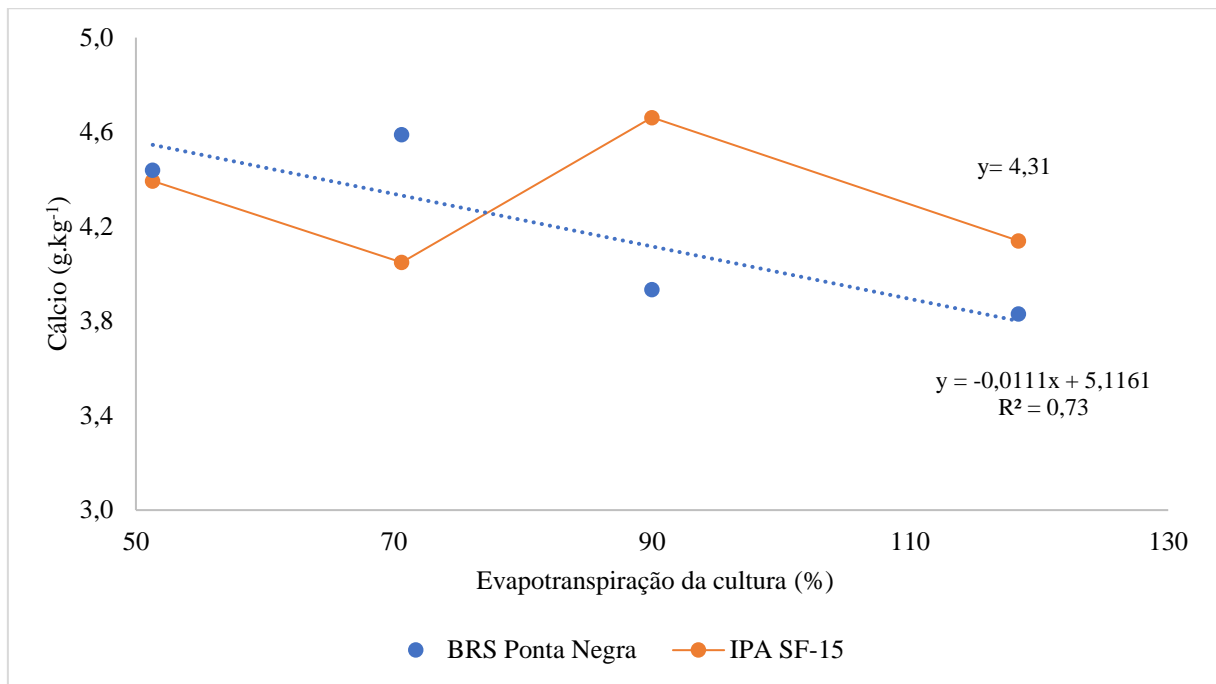


Figura 23. Teor de cálcio na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.

O comportamento dos teores de fósforo na folha (Figura 24) para as duas cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15, submetido a diferentes níveis de irrigação, apresentaram comportamento distintos, onde a BRS Ponta Negra não se ajustou a nenhum modelo polinomial apresentando média de 2,03 g kg⁻¹. Já para IPA SF-15, ajustou ao modelo de regressão linear crescente com aumento da disponibilidade hídrica.

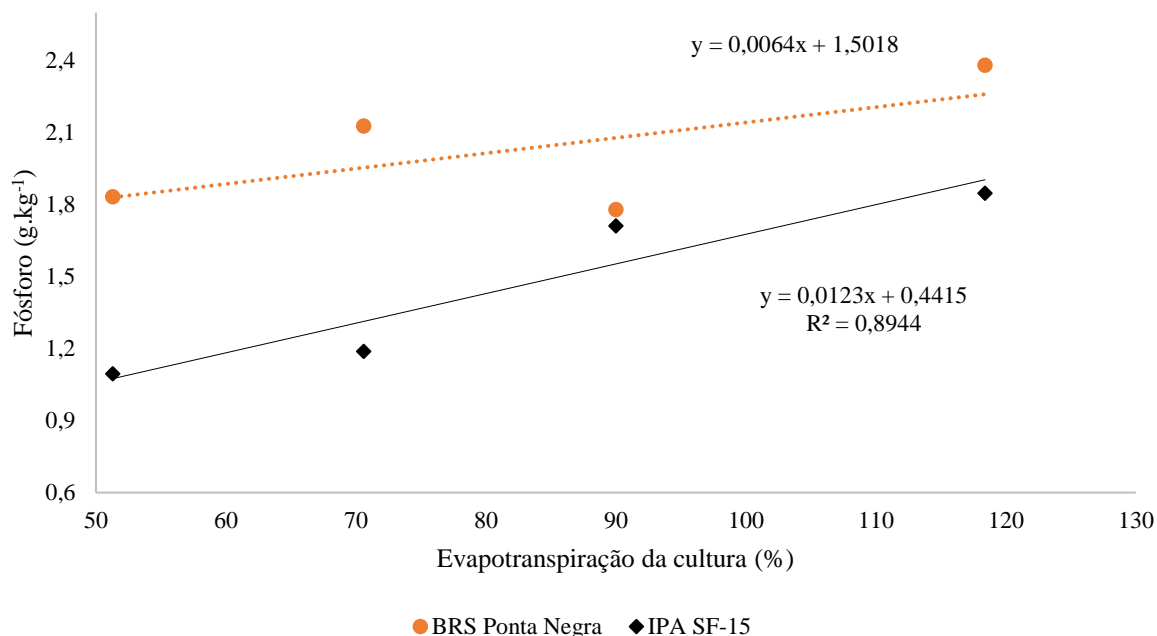


Figura 24. Teor de fósforo na folha diagnose para cultivar BRS Ponta Negra e IPA SF-15, em função dos níveis de evapotranspiração da cultura.

A variação de P foi de 1,10 a 1,85 g kg⁻¹, para menor (51%) e maior (118%) disponibilidade hídrica que representa um aumento de 68,18% no teor de P. O fluxo difuso do fósforo no solo é limitado quando submetido ao déficit hídrico, podendo ser compensada com aumento da expansão do sistema radicular, atuando a interceptação de P sendo maior extração de fósforo entre as plantas (KUWAHARA et al., 2016). O aumento da disponibilidade hídrica para planta só contribui para a maior absorção do P pela planta.

4.3 Produção e teor de massa

Pelos resultados da análise de variância (Tabela 5), não houve interação entre salinidade x lâminas (S x L), bem como dos níveis de salinidade aos 68 e 90 e para 76 e 95 dias após o plantio (DAP) para BRS Ponta Negra e IPA SF-15 respectivamente. O fator lâmina apresentou efeito significativo ao nível de 1% para as variáveis porcentagem de plantas com cachos, rendimento, massa seca total e massa fresca do caule aos 68 e 90 DAP e 76 e 95 para BRS Ponta Negra e IPA SF-15.

Tabela 5. Resumo da análise de variância: porcentagem de planta com cachos (PLCACH), porcentagem de massa seca (MS), rendimento de planta (REN), massa seca total (MST) e massa fresca do caule (MFCAUL) aos 68 e 90 dias após o plantio (DAP) para duas cultivares de sorgo.

FV	GL	PLCACH	MS	REND	MST	MF CAUL	PLCACH	MS	REND	MST	MF CAUL
		(%)			(Mg. ha ⁻¹)		(%)			(Mg. ha ⁻¹)	
Significância estatística pelo teste F											
BRS Ponta Negra											
68 DAP						90 DAP					
Sal	3	0,082	0,293	0,372	0,753	0,211	0,368	0,481	0,931	0,569	0,557
L	1	0,367	0,097	0,140	0,427	0,055	0,832	0,261	0,965	0,571	0,528
Q	1	0,034	0,472	0,350	0,585	0,467	0,083	0,288	0,516	0,561	0,218
Lam	3	0,000	0,829	0,000	0,001	0,000	0,001	0,185	0,000	0,007	0,000
L	1	0,000	0,461	0,000	0,000	0,000	0,000	0,233	0,000	0,069	0,000
Q	1	0,015	0,970	0,165	0,476	0,117	0,078	0,091	0,090	0,015	0,074
S x L	9	0,422	0,496	0,660	0,739	0,605	0,144	0,735	0,773	0,290	0,816
IPA SF-15											
76 DAP						95 DAP					
Sal	3	0,368	0,889	0,043	0,191	0,019	0,469	0,535	0,928	0,657	0,907
L	1	0,863	0,902	0,132	0,259	0,136	0,603	0,698	0,968	0,699	0,931
Q	1	0,106	0,517	0,740	0,509	0,774	0,141	0,338	0,512	0,336	0,508
Lam	3	0,001	0,311	0,000	0,000	0,000	0,001	0,798	0,000	0,009	0,000
L	1	0,020	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,544	0,000	0,010	0,000
Q	1	0,095	0,544	0,046	0,158	0,025	0,045	0,419	0,093	0,133	0,050
S x L	9	0,144	0,252	0,089	0,629	0,061	0,175	0,145	0,766	0,454	0,849
CV (%)	C1	41,22	7,83	19,90	23,03	19,80	20,57	17,83	15,30	23,00	16,40
CV (%)	C2	20,57	10,55	15,14	22,29	15,68	21,28	13,82	15,31	21,84	15,76
Média	C1	40,10	27,00	34,63	9,24	25,84	53,37	33,00	41,58	13,76	31,74
Média	C2	53,37	30,00	32,94	9,79	27,37	52,98	38,00	41,57	15,87	33,80

L – efeito linear; Q – efeito quadrático

O modelo que se ajustou a variável porcentagem de planta com cachos em função da lâmina de irrigação foi a regressão quadrática (Figura 25A) para o corte aos 68 dias após o plantio, apresentando tendência crescente até lâmina de irrigação de 90% da ETc. Já para (Figura 25B) foi linear crescente aos 76 DAP mostrando que a medida que aumenta a disponibilidade hídrica há uma maior porcentagem de cachos.

Observa o aumento da porcentagem de cachos de 13,13% na lâmina aplicada de 210 mm para 57,84% para uma lâmina de 360 mm (Figura 25A); representando um incremento de 77,30%. Na (Figura 25B) o incremento de 41,80% para 57,95% que representa a aplicação de uma lâmina de 244 e 419 mm respectivamente, onde essas lâminas corresponde a 51 e 90% da evapotranspiração da cultura. Lâmina suficiente para formação do cacho, como demonstrado nesse estudo. Segundo (SOUSA et al., 2017c) a demanda hídrica do sorgo varia entre 400 e 550 mm para o ciclo de 110 dias. Já Montero et al. (2008) estudando o sorgo para alimentação humana em Cuba, no município de San Miguel de Padrón obteve demanda hídrica da cultura

de 256,73 mm, valores bem diferente do estudo que pode ser explicado devido á influencia climática da região. A demanda é maior ou menor a depender das condições locais onde se encontra submetido a cultura.

Pode-se observar que as duas cultivares submetidas ao mesmo volumes de água apresentam resultados diferentes quanto a emissão de cachos no intervalo de apenas 8 dias após o plantio.

Para o corte aos 90 e 95 DAP houve ajuste linear com o aumento da lâmina de irrigação para as duas cultivares, porém o incremento da lâmina de 70% representa 21,87% em relação a lâmina de 50% da ETc, Já para o período de 95 DAP com as mesmas porcentagem de ETc esse incremento passou a ser de 30,5%.

Ao comparar o gasto de água para as lâminas de 90 e 118% da ETc aplica-se uma soma de 274 mm para essas lâminas (Figura 25A); e uma lâmina de 176 mm (Figura 25B); sem apresentar incremento satisfatório na produção de cachos. Para uma condição onde a disponibilidade hídrica é limitada a 70% da ETc, apresenta um ganho em economia de água, permitindo assim aumentar a produção. As menores lâminas para o período de 68 e 76 DAP retardaram a emissão de cachos pela planta, representando metade do percentual para as maiores lâminas. Já para o final do ciclo as duas menores lâminas elevaram a porcentagem de plantas floradas, não ocorrendo aumento para plantas que receberam lâminas superiores.

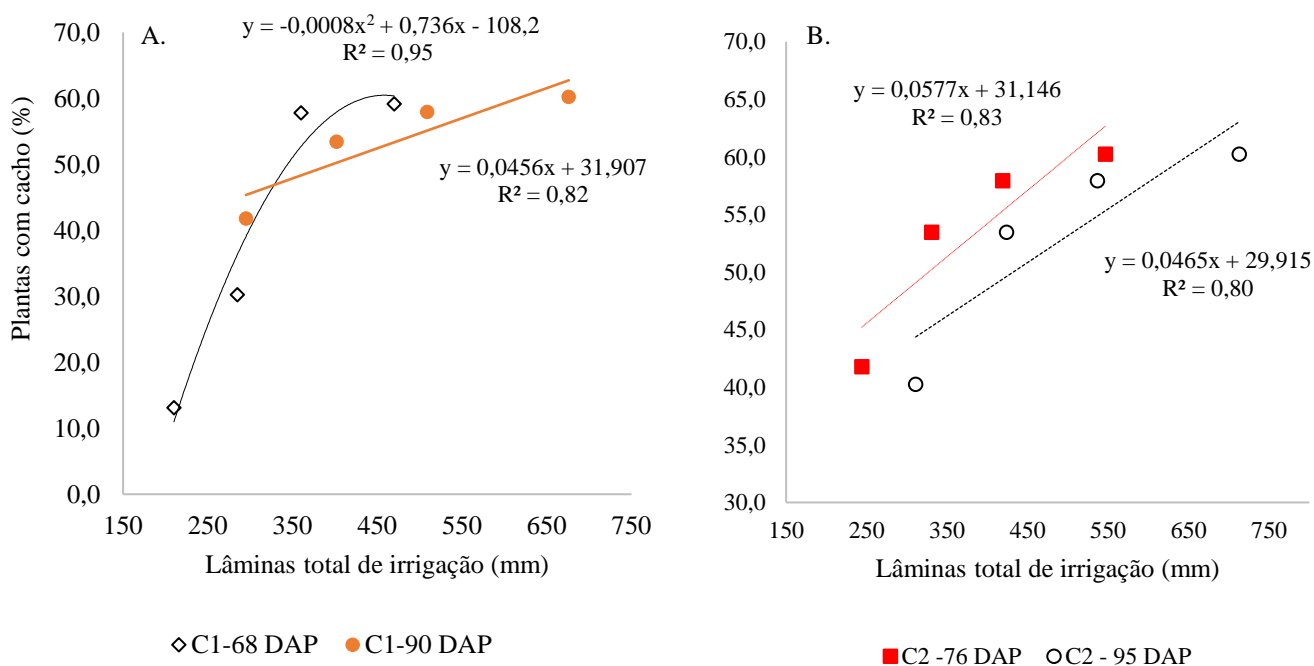


Figura 25. Porcentagem de plantas com cachos para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B) em função das lâminas totais de irrigação.

O rendimento de matéria fresca das plantas de sorgo nos dois períodos de cortes para as duas cultivares (Figura 26); responde de forma linear ao aumento da lâmina de irrigação. Segundo o modelo de regressão o rendimento variou 27,53 a 42,74 Mg ha⁻¹ e 36,53 a 47,50 Mg ha⁻¹, para os períodos de 68 90 DAP respectivamente.

À aplicação de 18% acima da necessidade hídrica da cultura (Figura 26A); corresponde a uma produtividade de 42,74 e 47,50 Mg ha⁻¹ para 68 e 90 DAP, respectivamente. Pode -se observar na (Figura 26B) que aplicando em termo de lâmina a mesma porcentagem de 118% da ETc, a resposta do rendimento é de 40,0 e 47,50 Mg ha⁻¹ para 76 e 95 DAP. Os resultados mostram o potencial da cultivar BRS Ponta Negra em expressa o rendimento no período de 68 DAP em relação ao 76 DAP da IPA SF-15. No entanto para o período final o rendimento entre as cultivares são iguais quando se aplica 90% da ETc.

Em termos relativo período de corte aos 68 DAP o rendimento apresenta uma maior sensibilidade às reduções da lâmina de irrigação representando 0,21% por milímetro aplicado; já aos 90 DAP essa sensibilidade é menor em relação ao período anterior com 0,08% por milímetro aplicado.

A limitação de água durante o início do florescimento afeta o desenvolvimento da planta reduzindo o rendimento. Santos et al., (2012) observaram redução de produção para cultivares de trigos quando submetidas ao déficit hídrico no período de florescimento. A menor disponibilidade de água, 210 e 244 mm, apresenta um rendimento de 27,53 e 26,76 Mg ha⁻¹, já para a maior lâmina (470 e 547 mm) o rendimento foi de 42,74 e 40,0 Mg ha⁻¹ respectivamente para as cultivares BRS Ponta Negra e IPA SF-15.

O aumento da disponibilidade de água representa incremento de 15,21 e 13,24 Mg ha⁻¹ (55,25 e 49,48%), de rendimento de planta para as duas cultivares respectivamente. Trabalho realizado por (Jamshidi et al., (2011) mostra uma redução do rendimento de planta de milho quando aplica uma lâmina de irrigação de 50% da ETc. Uma redução da disponibilidade de água para as raízes, reduz a disponibilidade de nutrientes na solução do solo, que serão absorvidos pela planta. Porém o rendimento de planta fornecendo uma lâmina deficitária permite ao produtor uma estratégia de manejo para produzir mesmo com o volume de água limitado.

No período de 90 e 95 DAP o fornecimento de 51,3; 70,6 e 90,0% da ETc permite o aumento do rendimento de planta com incremento de 3,08 Mg ha⁻¹ para BRS Ponta negra e IPA SF-15 respectivamente que representa em termos relativo um incremento de 0,07% por valor unitário da lâmina de irrigação. O rendimento ao aplicar 100% da ETc que representa uma lâmina de 566 e 604 mm é de 44,34 e 44,53 Mg ha⁻¹ para BRS Ponta Negra e IPA SF-15

respectivamente, o que equivale em termos relativo incremento de 0,91 e 0,92% por lâmina aplicada.

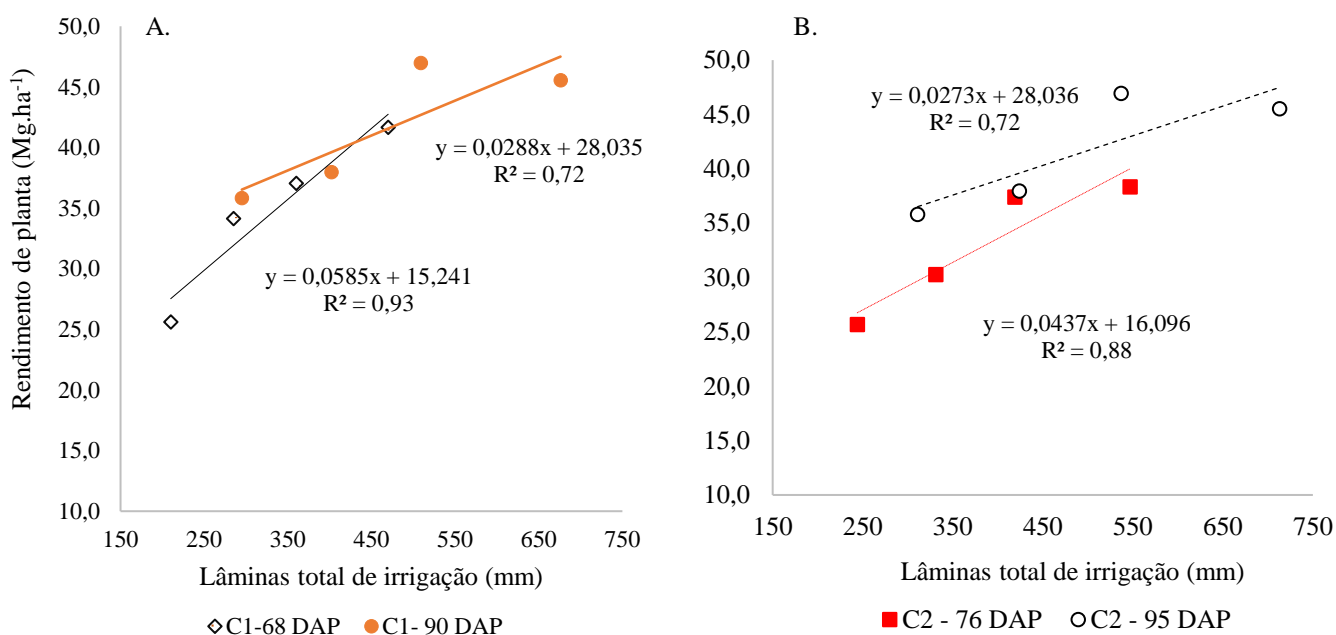


Figura 26. Rendimento de matéria fresca para as cultivares de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação para corte realizado aos 68 e 76 dias após o plantio (florescimento) e aos 90 e 95 dias (ponto de corte para silagem).

Aos 90 e 95 DAP a disponibilidade de água de (295 e 311 mm) apresenta 36,53 Mg ha⁻¹ enquanto a lâmina de (509 e 537 mm) o rendimento é de 47,50 Mg ha⁻¹, representando um incremento de 10,97 Mg ha⁻¹ que representa (30,03%) de rendimento. O incremento das lâminas entre a menor e maior rendimento de planta foi de 214 mm para obtenção de maior rendimento (Figura 27B) para a cultivar IPA SF-15 o incremento de lâmina foi de 226 mm para produzir o mesmo rendimento o maior rendimento. Ressaltando que nesse período a sensibilidade no rendimento da planta quando fornecido lâmina deficitária é menor quando comparamos com o período de florescimento.

Os dois períodos de cortes, 68 e 90 DAP (Figura 27A) apresentaram respostas distintas com relação a massa seca total. Este comportamento é justificado por a cultura apresentar necessidades hídricas distintas ao longo do ciclo. Aos 68 DAP houve incremento linear, já para o segundo período ocorreu um ajuste de forma quadrática com aumento da lâmina de irrigação.

Observa-se que na (Figura 27B) ocorreu uma tendencia linear crescente da massa seca total para os períodos 76 e 95 DAP com o aumento da lâmina de irrigação.

Para as lâminas deficitárias de 71 e 90% da ETc, o incremento da produção de massa seca em relação a menor lâmina aplicada 51% (295 mm) aumentou 25,7 e 37,5% no período de 68 DAP, o que representa um alto potencial para produzir em situação de baixa disponibilidade de água. Para cultivar IPA SF-15 no período de 76 DAP, aplicando 90% da ETc (419 mm) a produção de massa seca foi de 10,3 Mg ha⁻¹ uma redução em relação a 100% (464 mm) da ETc que apresentou 11,0 Mg ha⁻¹ de 6,8%. Já na colheita aos 90 o valor máximo foi de 16,54 Mg ha⁻¹, para uma lâmina (547mm) de 97% da ETc e aos 95 DAP a lâmina (537 mm) representou 16,27 Mg ha⁻¹ uma resposta em produção de massa seca total, sendo apenas na condição de 90% da ETc. Tal fato mostra que esta fração aplicada apresenta resposta significativa em produção de massa seca e economia de água.

A redução da produção quando submetido ao déficit hídrico pode ser explicada devido o fechamento dos estômatos e comprometimento da fotossíntese da planta (FREITAS et al., 2011); ou pelo ocasionamento de dano direto no metabolismo fotossintético da planta (ENDRES et al., 2010). Porém aplicando uma lâmina de 50 e 71% de necessidade da cultura reduzirá a produção, mais a ganho em economia de água principalmente para regiões onde a disponibilidade de água encontra-se limitada. Kirchner et al. (2019) encontrou produção de massa seca de 13,51 Mg ha⁻¹ utilizando 75% da evapotranspiração de referência, valores próximos aos encontrado no trabalho, sendo possível um melhor aproveitamento da água nos períodos onde a disponibilidade de água limitada.

Lâmina de irrigação superior à 90% da evapotranspiração da cultura no período de 90 e DAP ocasionou uma redução de 6,7% da massa seca total (Figura 27A). Para condição de corte aos 95 DAP (Figura 27B) o aumento da lâmina aumenta a produção. Na condição de redução da produção, provavelmente esse comportamento ocorreu devido o excesso de água no solo, que diminui a oxigenação prejudicando o sistema radicular da planta (SOUSA *et al.*, 2017). O estresse hídrico provoca alterações fisiológicas refletindo na menor produção (DUARTE et al., 2013). KIRCHNER et al. (2019) observaram que aplicação de 125% da evapotranspiração de referência, resulta em perda de produção e aumento no custo de produção. A aplicação de água em excesso é o principal problema para redução de produção, desperdício de água, fertilizantes além de ocasionar problemas de salinidade e compactação do solo.

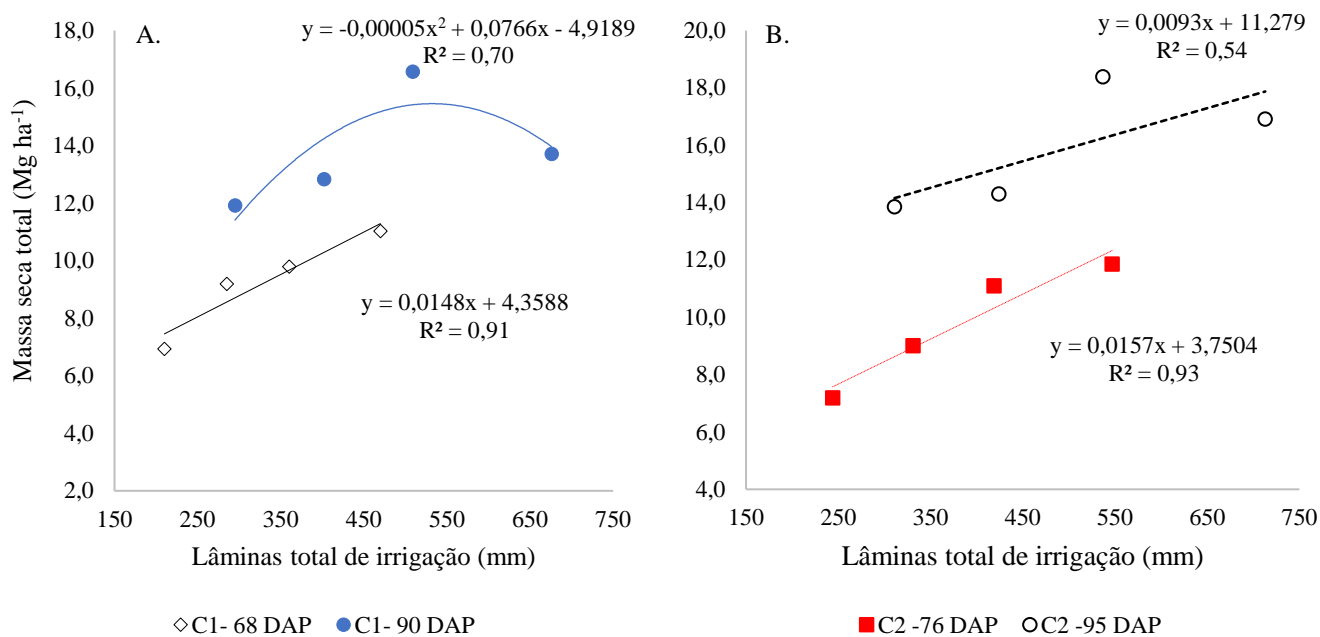


Figura 27. Massa seca total para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação.

A produção de massa fresca do colmo, importante quando se pensa em produção de sacarose, durante o período de florescimento aos 68 e 76 DAP e maturação aos 90 e 95 DAP comportou-se de forma linear para o aumento da disponibilidade de água para a planta (Figura 28).

A fase de floração, 68 e 76 DAP, apresenta uma sensibilidade maior ao déficit hídrico reduzindo sua produção de massa fresca em 64,93 e 48,10% respectivamente quando submetida a lâmina de 50% da ETc. Esse resultado mostra o maior acúmulo de fotossimilados no caule durante o período de floração, acumulando a máxima produção 32,90 e 34,44 Mg ha⁻¹ para lâmina de 470 e 547 mm. Brito et al. (2013) ressaltam que a massa fresca do colmo responde de forma linear, comportamento também observado por SOUSA *et al.* (2017). Em maiores níveis de água a tendência é obter maior crescimento, reforçando os resultados encontrados no trabalho.

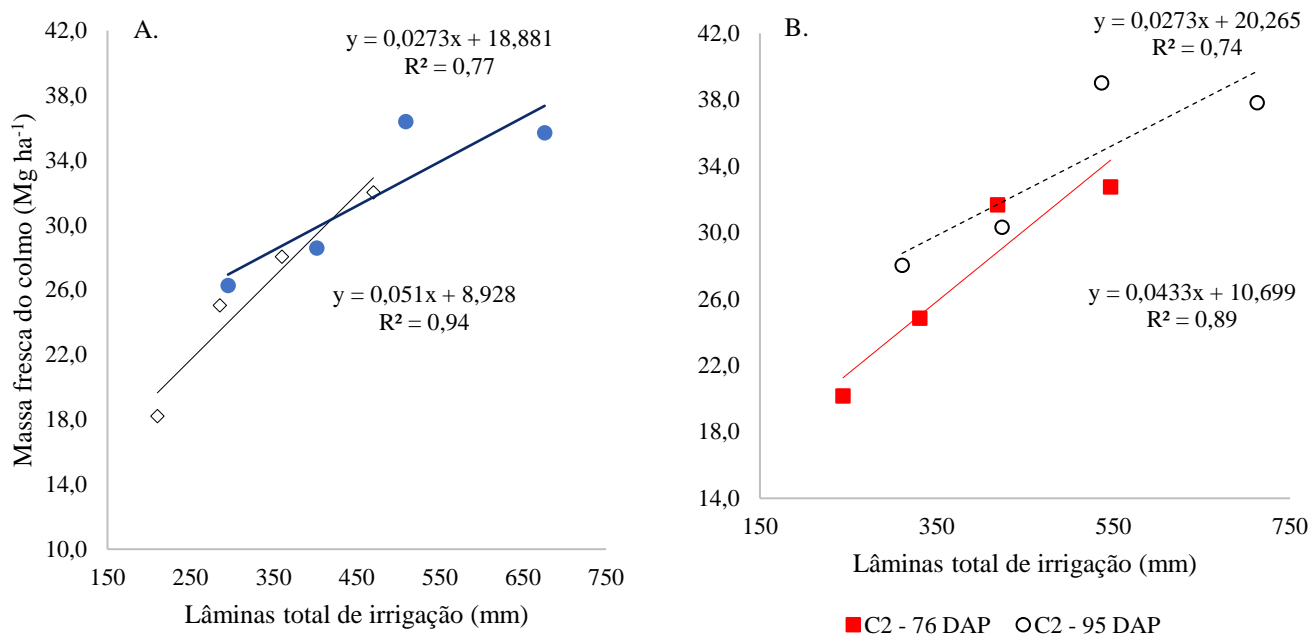


Figura 28. Massa fresca do colmo para a cultivar de sorgo BRS Ponta Negra (A) e IPA SF-15 (B), em função das lâminas totais de irrigação.

No início da floração, a limitação da disponibilidade hídrica no solo afeta toda a estrutura vegetativa da planta, diminuindo sua capacidade de produzir fitomassa. O déficit hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas atuando no fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e comprometendo o suprimento de CO_2 para fotossíntese (CAVALCANTE *et al.*, 2009). As variedades estudadas apresentaram uma sensibilidade de 64,93 e 48,10% na sua produção quando aplica 50% da ETc . A fitomassa do colmo pode ser usada como base para determinar a tolerância da planta ao estresse hídrico (BRITO *et al.*, 2013), ou ser utilizada para comparar com a produção da cultura. Um rendimento de colmo expressivo em uma condição de 71 e 90% da ETc da cultura se mostra satisfatório, mesmo com a produção reduzida, principalmente em regiões com limitação de disponibilidade hídrica para a irrigação.

No período de maturação, 90 e 95 DAP, a resposta em produção apresenta sensibilidade menor ao déficit hídrico com redução de 38,62 e 38,17% da produção. Porém a disponibilidade de 90% da ETc da cultura proporcionou o aumento da produção de massa fresca do colmo, 32,78 e 34,93 Mg ha^{-1} . No entanto ao disponibilizar uma lâmina de irrigação acima de 90% da ETc ocorre um incremento de 13,0% na produção, resultado concorda ao encontrado por Brito *et al.* (2013) que obteve a maior produção de fitomassa do colmo para o milho doce ao aplicar 120% da evapotranspiração da cultura.

5 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostram que não há interação entre a salinidade e as lâminas de irrigação sob a produção de plantas de sorgos para as variáveis analisadas.

A salinidade da água de irrigação ocasionou no aumento da condutividade elétrica da solução do solo, sendo reduzida com aplicação das lâminas de irrigação.

O resultado mostrou que a interação de salinidade e lâminas de irrigação para cultivar BRS Ponta Negra entre os teores de K na folha.

O aumento da disponibilidade de sais na água de irrigação ocasiona na redução dos teores de sódio na planta de sorgo BRS Ponta Negra, como também no teor de cloro para IPA SF-15.

As concentrações de Na, K e Ca decrescem na folha da planta de sorgo com o aumento da disponibilidade de água.

As plantas de sorgo foram mais sensíveis ao déficit hídrico na fase de floração do que na fase final de desenvolvimento.

O sorgo BRS Ponta Negra e IPA SF-15 não tem perda de produção quando é irrigado com água de CE de até 6,0 dS m⁻¹.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: Guías para a ladeterminacion de losrequeriments de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estúdio de Riego e DrenajePaper, 56).
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- ANDRADE, E. M. DE et al. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 88, 2016.
- ANDRADE, E. M. et al. Water as capital and its uses in the Caatinga. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**, p. 281–302, 2018.
- ANTUNES, R. C. B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café arábica**. Dissertação de Mestrado—Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ASSEFA, Y.; STAGGENBORG, S. A.; PRASAD, V. P. V. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review. **Crop Management**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2010.
- BAISEITOVA, G. et al. Influence of salinity (NaCl) on the photosynthetic pigments content of some sweet sorghum varieties. **BIO Web of Conferences**, v. 11, p. 00003, 2018.
- BOSCO, REGILIA, O. M. et al. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 40, n. 2, p. 157–164, 2009.
- BREVIK, E. C. et al. The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 117–129, 2015.
- BRITO, M. E. B. et al. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1243–1253, 2013.
- CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. DOS. Salinity of the Soil and the Risk of Desertification in the Semiarid Region. **Mercator**, v. 19, n. 1, p. 1–13, 2020.
- CAVALCANTE, C. A. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras. **Embrapa Caprinos Ovinos Sobral**, 2009.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. sunrise solo. **Semina: Ciencias Agrarias**, v. 31, n. SUPPL. 1, p. 1281–1290, 2010.
- COELHO, J. B. M. et al. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 379–385, 2013.
- COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. DE. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2017, p. 169–177, 2017.
- COSTA, J. P. N. S. DA. **CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PRIMEIRA REBROTA DE CULTIVARES DE SORGO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**. Dissertação (Mestrado)—MOSSORÓ: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; COSTA, R. V. **Efeito da Antracnose Foliar na Produção de Grãos em Genótipos de Sorgo Embrapa Milho e Sorgo**: Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica. Sete Lagoas, MG: [s.n.].

DALIAKOPOULOS, I. N. et al. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 727–739, 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage paper No. 33, FAO, Rome, Italy, p. 193, 1979.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (Tradução do espanhol); Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33), 306p, 1994.

DOS SANTOS, J. B. et al. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 86–96, 2016.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. DE A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 843–847, 2013.

ENDRES, L. et al. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage Alterações das trocas gasosas na fase reprodutiva e produtividade do feijão sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 82, p. 11–16, 2010.

EPSTEIN, E. et al. Saline culture of crops: A genetic approach. **Science**, v. 210, n. 4468, p. 399–404, 1980.

FAO. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. **Alimentación y nutrición**, nº 27, p. 197, 1995.

FARIAS, S. G. G. et al. ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO MINERAL DE GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1499–1505, 2009.

FRANÇA, I. S.; SILVA, J. C. S.; LIMA, P. Q. DE. A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, p. 4964–4969, 2017.

FREITAS, C. A. S. DE et al. Produção de matéria seca e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1168–1174, 2011.

GARANTIZADO, F. E. A. et al. Expressão diferencial dos genes VuUCP1a e VuUCP1b em caupi sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 404–408, 2011.

GARCIA, G. DE O. et al. Teores Foliares Dos Macronutrientes Catiônicos E Suas Relações Com O Sódio Em Plantas De Milho Sob Estresse Salino. **Idesia (Arica)**, v. 25, n. 3, p. 93–106, 2007.

JAMSHIDI, AMIN R ; MAHMODZADEH, M. ;; TAYARI, E. Effects of different levels of drip irrigation (tape) and plant density on yield and yield components of corn in one-row and two-row cultivation in north of Khozestan, Iran. **Advances in Environmental Biology**, p. 314–318, 2011.

KIRCHNER, J. H. et al. Funções de produção e eficiência no uso da água em sorgo forrageiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 2, p. 1–9, 2019.

- KUWAHARA, F. A. et al. Phosphorus as a mitigator of the effects of water stress on the growth and photosynthetic capacity of tropical C4 grasses. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 363–370, 2016.
- LACERDA, C. F. et al. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**, 2016.
- LACERDA, C. F. DE et al. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p. 258–263, 2006.
- LINO, V. A. S. DA. **UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE ALTA CONCENTRAÇÃO DE SAIS COMO ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) NA REGIÃO DE MOSSORÓ-RN**. Dissertação (Mestrado)—MOSSORÓ: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.
- LUCINI, L. et al. Mild potassium chloride stress alters the mineral composition, hormone network, and phenolic profile in artichoke leaves. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. June, p. 1–11, 2016.
- MARSCHNER, P. **Nutrição Mineral de Plantas Superiores de Marschner**. 3. ed. Cambridge: Academic Press, 2012.
- MONTEIRO, J. G. et al. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 18–25, 2014.
- MONTERO, L. S.; CUN, R.; LAGO, A. Respuesta del Sorgo en condiciones de secano como alternativa para la alimentación animal en la Agricultura Urbana. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 17, n. 2, p. 62–65, 2008.
- MUNNS, R. et al. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, n. 1, p. 93–105, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: Bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645–663, 2005.
- NETO, A. C. . et al. DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE DOIS CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA NA FASE DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS. I **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil DETERMINAÇÃO**, p. 528–534, 2001.
- OLIVEIRA, F. DE A. et al. Desenvolvimento inicial do milho- pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade Initial development of popcorn irrigated with water of different salinity levels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 149–155, 2009.
- OLIVEIRA, H. M.; OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA, E. Estresse salino no crescimento e desenvolvimento inicial de espécies vegetais Saline stress in growth and initial development of vegetable species. n. June, 2019.
- PERAZZO, A. F. et al. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 10, p. 1771–1776, 2013.
- RAMOLIYA, P. J.; PATEL, H. M.; PANDEY, A. N. Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Salvadora persica* (Salvadoraceae). **Forest Ecology and Management**, v. 202, n. 1–3, p. 181–193, 2004.
- RENGASAMY, P. World salinization with emphasis on Australia. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 5, p. 1017–1023, 2006.

- SANTANA, M. J. DE et al. 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 e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1470–1476, 2007.
- SANTOS, D. DOS et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836–842, 2012.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa Solos**, p. 353, 2018.
- SILVA, A. O. A Fertirrigação e o Processo de Salinização de Solos em Ambiente Protegido. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 180–186, 2014.
- SILVA, J. J. F.; MIGLIORINI, R. B. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO FURNAS NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Geociências**, v. 2, n. 1, p. 261–277, 2014.
- SILVA, J. L. DE A. et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. suppl, p. 66–72, 2014.
- SILVA, S. M. L. D. S. AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO. **CNR-ISTI technical report**, v. 3, n. 2, p. 356–369, 2015.
- SOARES FILHO, W. S. et al. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**, n. April 2017, 2016.
- SOUSA, A. E. C. et al. TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PI- NHÃO MANSO SUBMETIDO A ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. **Revista Caatinga**, v. 2125, p. 144–152, 2012.
- SOUSA, C. H. C. DE et al. RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE SORGO, FEIJÃO-DE-CORDA E ALGODÃO SOB ESTRESSE SALINO. **Agropecuária Técnica**, v. 31, p. 29–36, 2010a.
- SOUSA, G. G. DE et al. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1143–1151, 2010b.
- SOUSA, P. G. R. DE et al. Desempenho Agrônômico Do Sorgo Em Função De Lâminas De Irrigação E Cobertura Do Solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2194–2205, 2017a.
- SOUSA, R. A. DE et al. Crescimento Do Sorgo Em Função Da Irrigação Com Água Salobra E Aplicação De Compostos Orgânicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2315–2326, 2017b.
- SOUSA, P. G. R. et al. Efeito De Diferentes Lâminas De Irrigação E Cobertura Do Solo No Crescimento Da Cultura Do Sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1528–1537, 2017c.
- SOUSA, R. A. et al. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação Growth and mineral nutrition of cowpea as a function of salinity and chemical composition of irrigation water. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, p. 75–82, 2007.

- SOUZA, C. C. DE et al. Produtividade do Sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 512–517, 2005.
- SOUZA, M. O.; CÍNTIA, L. DE S. M.; PELACANI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 105–112, 2012.
- TANAKA, A. A. K. I. **Desenvolvimento De Plantas De Sorgo Submetidas a Diferentes Níveis De Lençol Freático**. Dissertação (Mestrado)—Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2010.
- VIEIRA, M. R. et al. Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 42–46, 2005.
- WILLADINO, L. et al. MECHANISMS OF TOLERANCE TO SALINITY IN BANANA: PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL, AND MOLECULAR ASPECTS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, 2017.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 6, p. 1–23, 2010.
- ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 2, p. 66–71, 2001.