

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E DO USO DA ÁGUA EM SORGO IRRIGADO COM ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Francimar Maik da Silva Morais¹, José Francismar de Medeiros², Renner Bento de Lima³

RESUMO: O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica (EAG) e eficiência do uso da água (EUA) dos sorgos sacarino e de biomassa irrigados com água produzida de petróleo em diferentes diluições com irrigação plena e deficitária. Foram realizados dois experimentos simultâneos, sendo o experimento 1 com a cultura do sorgo sacarino (BRS 506) e o experimento 2 com a cultura do sorgo biomassa (IPA SF-15). Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 2 lâminas de irrigação ($L1=0,5*ETc$ e $L2=1,0*ETc$), 4 diluições de água produzida do petróleo ($S1=0,5$; $S2=2,0$; $S3=3,5$ e $S4=5,0$ $dS\ m^{-1}$) e 4 repetições. De forma geral, a lâmina de 50% da ETc não influenciou negativamente a EAG e EUA das cultivares de sorgo, exceto quando associado à água de abastecimento na cultivar BRS 506. A água de maior salinidade ocasionou redução das eficiências estudadas, porém as salinidades intermediárias não influenciaram a EUA e EAG do sorgo sacarino e a $S2$ promoveu as melhores eficiências para o sorgo biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, semiárido, sorgo sacarino, sorgo biomassa, estresse hídrico.

AGRONOMIC AND WATER USE EFFICIENCY OF SORGHUM IRRIGATED WITH PETROLEUM-PRODUCED WATER AND IRRIGATION DECKS

ABSTRACT: The experiment was developed under field conditions at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), with the objective of evaluating the agronomic efficiency (EAG) and water use efficiency (EUA) of sweet and biomass sorghums irrigated with water produced from petroleum in different dilutions with full and deficit irrigation. Two simultaneous experiments were carried out, experiment 1 with the sweet sorghum crop (BRS

¹ Doutorando, UFERSA, CEP: 59625-900, Mossoró, RN, francimar.morais@alunos.ufersa.edu.br

² Engenheiro, LASAP, UFERSA, Mossoró, RN.

³ Técnico em agropecuária, Departamento de Nutrição, UFRN, Natal, RN.

506) and experiment 2 with the biomass sorghum crop (IPA SF-15). The experiments were conducted in randomized blocks in split plots, with 2 irrigation depths ($L1 = 0.5ETc$ and $L2 = 1.00ETc$), 4 dilutions of water produced from petroleum ($S1 = 0.5$; $S2 = 2.0$; $S3 = 3.5$ and $S4 = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$) and 4 replicates. In general, the 50% ETc depth did not negatively influence the EAG and EAG of the sorghum cultivars, except when associated with the water supply in the BRS 506 cultivar. The water with higher salinity caused a reduction in the efficiencies studied, however, the intermediate salinities did not influence the EAG and EAG of the sweet sorghum and S2 promoted the best efficiencies for the sorghum biomass.

KEYWORDS: Reuse, semiarid, sweet sorghum, biomass sorghum, water stress.

INTRODUÇÃO

A utilização de água produzida do petróleo (APP) na agricultura tem despertado crescente interesse como alternativa para irrigação agrícola em regiões áridas e semiáridas. Essa água, originada como subproduto das atividades de extração de petróleo e gás, após tratamento e/ou diluição, pode ser reutilizada para fins agrícolas, contribuindo para a conservação dos escassos recursos hídricos da região (SCANLON et al., 2020). O sorgo, de forma geral é uma cultura que apresenta diversos potenciais para produção de biocombustíveis (IMPA et al., 2019), seja para produção de etanol seja para produção de biomassa. Além disso, apresenta elevada tolerância ao estresse salino e ao estresse hídrico (KIRCHNER et al., 2019; KAPLAN et al., 2019; SILVA et al., 2023). Sendo, portanto, uma cultura favorável a irrigação com água produzida do petróleo. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica (EAG) e eficiência do uso da água (EUA) dos sorgos sacarino e biomassa irrigados com água produzida do petróleo em diferentes diluições e lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados em parcelas subdivididas 2 x 4, sendo 2 lâminas de irrigação ($L1=0,5*ETc$ e $L2=1,0*ETc$), 4 diluições de água produzida do petróleo, 100% a 0%, cujas condutividades elétricas foram: $S1=0,5$; $S2=2,0$; $S3= 3,5$ e $S4=5,0 \text{ dS m}^{-1}$, com 4 repetições. Cada unidade experimental foi

representada por fileiras duplas de plantas de 4,0 metros de comprimento, contendo aproximadamente 130 plantas. No presente trabalho foi determinado a eficiência agrônômica e a eficiência do uso da água. O cálculo da eficiência agrônômica foi realizado pela razão entre biomassa seca (kg ha^{-1}) e quantidade de água aplicada no período ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), enquanto a eficiência do uso de água foi determinada pela razão entre a quantidade de água aplicada ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), e o rendimento de biomassa seca (kg ha^{-1}), sendo necessário observar que quanto maior for o valor dessa última relação, menor será a eficiência do uso da água. As análises estatísticas ocorreram por meio do software RStudio versão 4.2.2, de onde foram feitas análises de regressão e comparação de médias pelo teste de Tukey a significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a cultivar de sorgo sacarino, observou-se a interação significativa dos fatores salinidade e lâminas de irrigação para as variáveis eficiência agrônômica (EAG) e eficiência do uso da água (EUA), como pode ser observado na tabela 1. Quanto a cultivar de sorgo biomassa, houve resposta significativa das variáveis EAG e EUA apenas para o fator água de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Significância pelo Teste F das variáveis EAG e EUA para os fatores lâmina de irrigação e salinidade de água nas cultivares de sorgo BRS 506 e IPA SF-15.

F.V	BRS 506		IPA SF15	
	Eficiência Agrônômica	Eficiência de uso da água	Eficiência Agrônômica	Eficiência de uso da água
Bloco	0,3703 ns	0,5290 ns	0,7965 ns	0,8481 ns
LAM	0,4956 ns	0,1894 ns	0,6904 ns	0,9251 ns
Salinidade	0,0000 **	0,0000 **	0,0053 **	0,0139*
LAM*Salinidade	0,0010 **	0,0001**	0,5024 ns	0,6119 ns
CV1	10,06	14,14	17,01	26,19
CV2	9,55	10,99	13,43	19,20
Média geral	7,27	0,14	10,42	0,10

LAM: lâmina de irrigação; ns: não significativo; *: significativo $\leq 5\%$; **: significativo $\leq 1\%$

Quando irrigado com 50% da ETc, observou-se que as diluições de APP com salinidade de 3,5 e 5,0 dS.m^{-1} não influenciaram as eficiências agrônômica e de uso da água pelo sorgo sacarino em relação a água de menor salinidade (Imagem 1a e 1b). Porém, a S2 promoveu uma eficiência agrônômica 13,4% maior em relação a água testemunha. A APP apresenta maior quantidade de elementos como Na e Cl, que podem ocasionar problemas nas plantas, mas também apresenta maior concentração em elementos benéficos para as plantas, como K, Ca e Mg. Esse fator pode ser o responsável por esse aumento de EAG e EUA na S2 e redução na S3 e S4.

Já quando utilizada a lâmina de 100% da ET_c, a utilização da maior concentração de água produzida na irrigação do sorgo sacarino ocasionou a redução na EAG em aproximadamente 40%, e um aumento de 73 % no fator EUA, ou seja, uma redução de 73% no aproveitamento da água (Imagem 1c e 1d). Essa redução ocorre devido a maior presença de sais na água utilizada para irrigação, a qual atingiu níveis que ocasionaram uma redução na produção do sorgo sacarino, uma vez que estava associada ao maior volume de água aplicado. Já quando se utilizou a S2, não houve diferença para os fatores EUA e EAG. Porém, observou-se uma redução na eficiência agrônômica de 9% quando irrigado com a S3. Desta forma, observa-se que pode-se utilizar até 67% de AP na irrigação do sorgo sacarino, associado a uma lâmina de 100% da ET_c, e ainda assim obter uma produtividade viável. Quando associado a lâmina de 50% da ET_c, é possível a utilização de AP sem diluição na irrigação da cultivar BRS 506, sem afetar EAG e EUA.

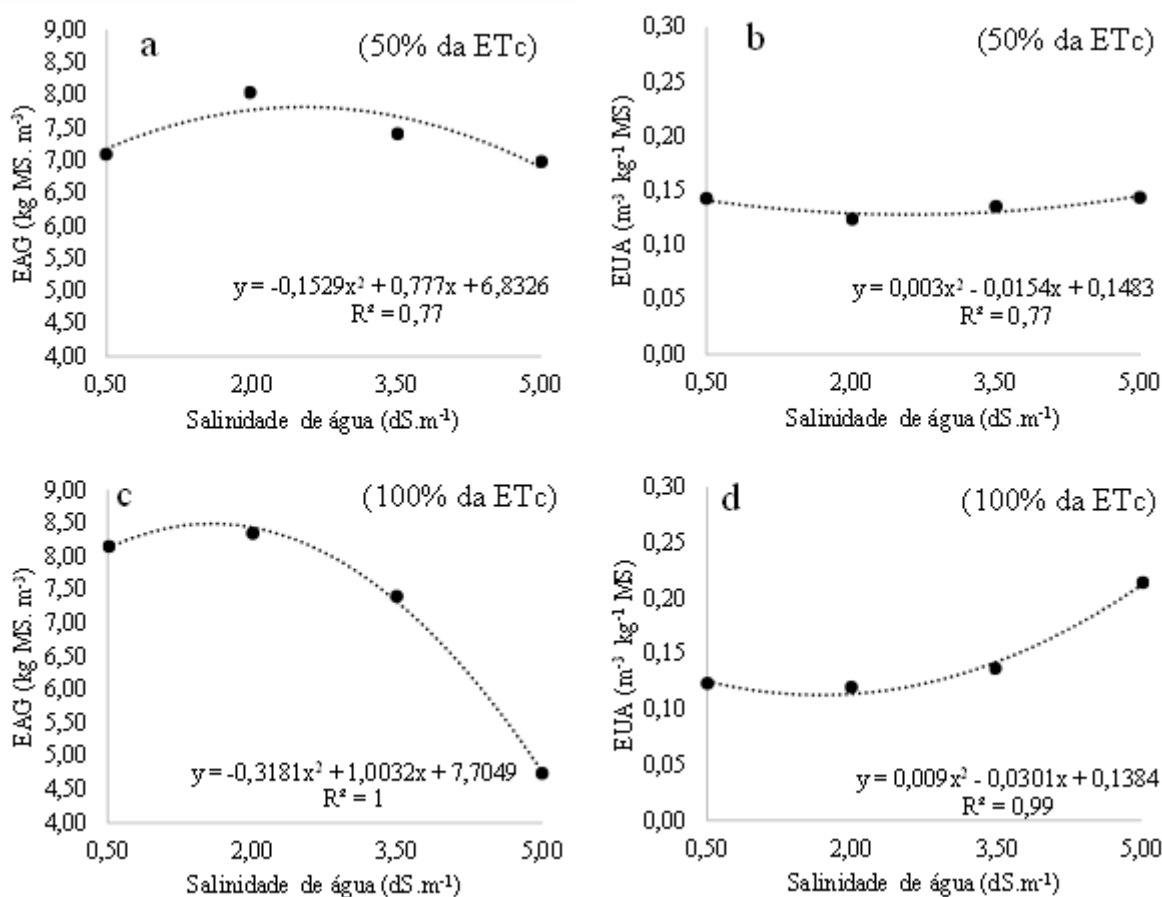


Imagem 1. a: Eficiência agrônômica para a lâmina de 50 % da ET_c em relação as salinidade de irrigação do sorgo sacarino; b: eficiência do uso da água para a lâmina de 50 % da ET_c em relação as salinidades de água de irrigação do sorgo sacarino; c: Eficiência agrônômica para a lâmina de 100 % da ET_c em relação as salinidade de irrigação do sorgo sacarino; d: eficiência do uso da água para a lâmina de 100 % da ET_c em relação as salinidades de água de irrigação do sorgo sacarino .

Quando estudadas as lâminas de irrigação dentro de cada salinidade de água, nota-se que as LAM não influenciaram a EAG e EUA do sorgo sacarino irrigado com águas de salinidades de 2,0 e 3,5 dS.m⁻¹ (Tabela 2). Porém, quando irrigado apenas com água de abastecimento, a maior lâmina promoveu melhor EAG, e quando usado água de 5,0 dS.m⁻¹, a menor lâmina foi a responsável pelos melhores rendimentos da cultura (Tabela 2). Isso mostra que quando se trabalha com a cultura do sorgo sacarino e águas de elevadas salinidades, pode se tornar viável a redução de lâminas de irrigação, reduzindo a adição de sais no sistema.

Tabela 2. Desdobramento da interação dos fatores lâmina de irrigação e salinidade de água para as variáveis eficiência agrônômica e eficiência do uso da água para a cultivar de sorgo sacarino (BRS 506), pelo teste Tukey (5%).

Desdobramento lâminas de irrigação x salinidade			
LAM (% Et _c)	Salinidade (dS.m ⁻¹)	Ef. Agron. Sacarino (kg.MS.m ⁻³)	Ef. Água. Sacarino (m ³ .kg ⁻¹ .MS)
0,5	100	8,16 a	0,12 a
	50	7,09 b	0,14 a
2,0	100	8,35 a	0,12 a
	50	8,04 a	0,12 a
3,5	100	7,41 a	0,14 a
	50	7,41 a	0,14 a
5,0	100	4,74 b	0,21 b
	50	6,98 a	0,14 a

LAM: lâmina de irrigação; Sal.: salinidade da água; EAG: eficiência agrônômica; EUA: eficiência do uso da água.

No experimento realizado com o sorgo biomassa, pode-se observar que as lâminas de irrigação não influenciaram as variáveis estudadas (imagem 2). Apesar da maior lâmina de irrigação ter promovido a maior produtividade total da cultura, quando estudado a eficiência na conversão da água em massa seca, não houve diferença entre os tratamentos. A utilização de água produzida diluída até a salinidade de 2,0 dS m⁻¹ promoveu incremento de aproximadamente 13% de EAG e EUA no cultivar IPA SF15 (Imagem 2), esse incremento ocorre devido a presença de elementos como Mg, Ca e K na APP, e quando a salinidade da água foi de 3,50 dS m⁻¹ os resultados foram semelhantes a utilização de água doce. Já a maior concentração de APP ocasionou redução de 15% nas variáveis estudadas (Imagem 2), sendo esse efeito devido a maior concentração de elementos como Cl e Na na APP.

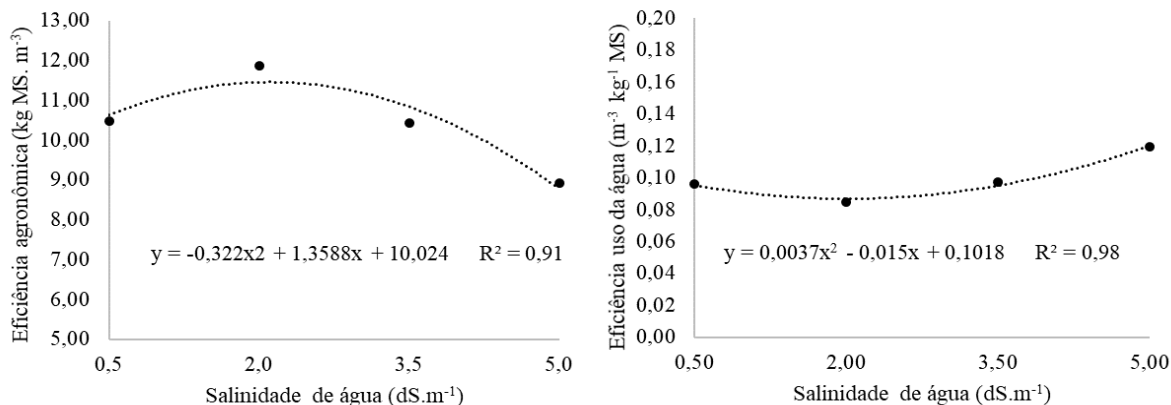


Imagem 1. Eficiência agrônômica e eficiência do uso da água em relação as salinidades de água de irrigação do sorgo biomassa.

Vieira et al. (2005), estudando genótipos de sorgo submetidos a irrigação com salinidades variando de 0,9 a 5,8 dS m⁻¹, observou redução no rendimento de matéria seca variando entre 8-23% a depender do genótipo, respostas que corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho. Destaca-se também que apesar da redução da EAG e EUA ocasionado pela irrigação de maior salinidade, a produtividade foi considerada viável, por obter-se uma redução mínima nas eficiências produtivas ao utilizar água de qualidade significativamente inferior.

CONCLUSÕES

A maior concentração de APP na água de irrigação promoveu redução na eficiência agrônômica do sorgo sacarino quando associado a maior lâmina de irrigação, entretanto, quando irrigado com lâmina deficitária, a utilização de 100% de APP resultou em EAG da cultivar igual ao obtido nas plantas irrigadas com água doce.

As lâminas de irrigação não influenciaram a EUA e EAG do sorgo biomassa, mostrando que esse cultivar apresenta boa conversão da água em matéria seca mesmo em condições de estresse hídrico.

A utilização de APP até o nível de salinidade 3,5 dS.m⁻¹ não resultou em redução das variáveis estudadas no cultivar IPA SF15, sendo responsável por melhores respostas quando utilizado a salinidade de 2,0 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa de recursos humanos (PRH) da ANP na gestão FAPESP e ao PRH-55.1, pelo financiamento da pesquisa e concessão da bolsa. Agradeço também a empresa Brava energia, pelo fornecimento de APP para realização do estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IMPA, S.M. et al. Water Deficit and Heat Stress Induced Alterations in Grain Physico-Chemical Characteristics and Micronutrient Composition in Field Grown Grain Sorghum. **Jounal Cereal Science**. v.86, p.124–131, 2019.

KAPLAN, M. et al. Water Deficit and Nitrogen Affects Yield and Feed Value of Sorghum Sudangrass Silage. **Agricultural Water Management**. v. 218, n. 1, p. 30–36, 2019.

KIRCHNER, J.H. et al. Funções de Produção e Eficiência No Uso Da Água Em Sorgo Forrageiro Irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.14, n.2, 2019.

SILVA, R. R. et al. Ionic Response and Sorghum Production under Water and Saline Stress in a Semi-Arid Environment. **Agriculture**, v. 13, n. 1127, p. 1-13, 2023.

SCANLON, B. R. et al. Can we beneficially reuse produced water from oil and gas extraction in the U.S.? **Science of the Total Environment**, v. 717, p. 137085, 2020.

VIEIRA, M. R. et al. Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 42–46, 2005.