



## **TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE MILHO E SORGO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUA SALOBRA E USO DE COBERTURA DO SOLO**

Juliette Freitas do Carmo<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>, Rute Maria Rocha Ribeiro<sup>3</sup>,  
Eduardo Santos Cavalcante<sup>4</sup>, Jonnathan Richeds da Silva Sales<sup>5</sup>, José do Egito Sales  
Andrade<sup>6</sup>

**RESUMO:** A partir de um manejo adequado, a irrigação suplementar com águas salobras durante períodos de veranico no semiárido pode ser uma alternativa para reduzir as perdas na agricultura com efeito positivo sobre as trocas gasosas ao reduzir o estresse hídrico de culturas anuais. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar as respostas fisiológicas de milho e sorgo sob uso de irrigação suplementar com água salobra e cobertura morta vegetal ao solo. O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2022 em uma área experimental localizada na Fazenda Santo Izidro, no Município de General Sampaio, Ceará. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas sub-subdivididas, considerando-se: i) duas espécies (milho e sorgo); ii) dois cenários hídricos (sequeiro e irrigado) e iii) dois manejos de cobertura morta no solo (com e sem aplicação de bagana de carnaúba), com quatro blocos. Aos 75 dias após a semeadura foram avaliadas fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). Concluímos que a irrigação suplementar foi capaz de promover efeito positivo sobre as trocas gasosas para as culturas de milho e sorgo. No entanto, os tratamentos com e sem aplicação de cobertura morta não resultaram em efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** semiárido, manejo da irrigação, fotossíntese.

## **GAS EXCHANGE IN MAIZE AND SORGHUM PLANTS UNDER SUPPLEMENTAL IRRIGATION WITH BRACKISH WATER AND USE OF SOIL COVER**

<sup>1</sup> Mestra, Doutoranda, Depto de Ciências do Solo, UFC, CEP 60356-090, Fortaleza, CE, (85) 98622-0593, julietefcarmo@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>3</sup> Agrônoma, Mestranda, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>4</sup> Doutor, Pós-doutorando, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>5</sup> Mestre, Doutorando, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>6</sup> Mestre, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

**ABSTRACT:** Based on proper management, supplemental irrigation with brackish water during periods of dry spells in the semi-arid region can be an alternative to reduce losses in agriculture with a positive effect on foliar gas exchange by reducing water stress in annual crops. Therefore, the objective of this work was to evaluate the physiological responses of maize and sorghum under supplemental irrigation with brackish water and mulch to the soil. The experiment was conducted from March to June 2022 in an experimental area located at Fazenda Santo Izidro, in the Municipality of General Sampaio, Ceará. The experimental design adopted was randomized blocks, in a sub-subdivided plot scheme, considering: i) two species (maize and sorghum); ii) two water scenarios (rainfed and irrigated) and iii) two soil mulch managements (with and without carnauba bagana application), with four blocks. At 75 days after sowing (DAS) photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E) and internal CO<sub>2</sub> concentration (Ci) were evaluated. We conclude that supplemental irrigation was able to promote a positive effect on foliar gas exchange for maize and sorghum crops. However, treatments with and without application of mulch did not result in a significant effect for any of the analyzed variables.

**KEYWORDS:** semi-arid, irrigation management, photosynthesis.

## INTRODUÇÃO

A irregularidade no regime pluviométrico e as altas taxas de evapotranspiração, característicos das regiões semiáridas são fatores que dificultam a produção agrícola. Além disso, a ocorrência dos chamados veranicos que podem ser representados como períodos de pouca ou ausência de chuvas na estação chuvosa geram significativo impacto sobre a produtividade das culturas, pois a baixa umidade do solo acaba por prejudicar processos fotossintéticos imprescindíveis para um bom desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2010; SILVA & RAO, 2002).

Nesse contexto, a irrigação suplementar durante estes períodos surge como uma alternativa para que se diminuam as perdas na agricultura, reduzindo o estresse hídrico das culturas (ALI et al., 2015). Contudo, dado a escassez de água de boa qualidade para este fim, surge a necessidade de fazer uso de águas de qualidade inferior, contendo elevados níveis de sais e assim assegurar a produção agrícola (COSTA et al., 2013).

É importante salientar que o uso contínuo dessas águas na irrigação reduz a produtividade das culturas e pode provocar a degradação do solo. Entretanto, pesquisas realizadas com

culturas anuais demonstraram que a irrigação com águas salinas por curtos períodos não acarreta prejuízos significativos para a produtividade e os impactos sobre o solo são mínimos, desde que, se utilize um manejo adequado (CAVALCANTE et al., 2021). Diante disso, o uso de tecnologias que aumentem a eficiência do uso da água, assim como reduzam os impactos gerados são imprescindíveis.

Uma dessas alternativas seria a aplicação da água de forma misturada (águas salina associadas a uma fonte de água de baixa condutividade elétrica (e.g. água de chuva), além do uso de coberturas morta vegetal ao solo visando a melhoria da qualidade do solo e consequentemente a produtividade das culturas.

Sabendo que a irrigação suplementar durante períodos de estiagem pode reduzir os efeitos do estresse hídrico sobre a fisiologia de plantas, o objetivo desse trabalho foi avaliar as trocas gasosas de milho e sorgo em sistema de sequeiro e sob irrigação suplementar com água salobra, com ou sem aplicação de cobertura morta ao solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por um período 89 dias em uma área experimental localizada na Fazenda Santo Izidro, no Município de General Sampaio, Ceará (04° 03' 46,68" de Latitude Sul e 39° 27' 16" de Longitude Oeste). A região possui clima Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Semiárido com pluviosidade média anual de 763,1 mm e temperaturas médias entre 26° e 28° C.

Previamente, foi realizada análise química e física do solo da área de estudos (Tabela 1 e 2). A partir desta análise, foi feita a aplicação de calcário, visando a correção do pH do solo e adubação com NPK seguindo recomendação básica para cada cultura (AQUINO et al., 1993). Foram utilizadas sementes de milho híbrido (SM966) e sorgo (Ponta Negra). Utilizou-se a bagana de carnaúba como cobertura morta vegetal sendo aplicada a partir de uma recomendação de 16 t/ha (SOUSA et al., 2017).

**Tabela 1.** Propriedades químicas do solo.

Prof. cm	pH	CE dS/m	Ca	Mg .....cmol <sub>c</sub> /kg.....	Na	K	P mg/kg
0-20	6,7	0,2565	1,50	0,72	0,27	0,35	3,59
20-40	5,9	0,5969	1,56	0,84	0,26	0,23	3,43

**Tabela 2.** Características físicas do solo.

Horizonte	Densidade	Umidade	Argila	Silte	Areia	Classificação
cm	g/cm <sup>3</sup>	%	..... % .....			
0-20	1,57	14,42	5,93	10,1	83,97	Areia franca
20-40			10,55	8,24	81,21	Areia franca

A água utilizada na irrigação foi proveniente da mistura de duas fontes, sendo utilizada 50% água do açude (C.E.= 0,26 dS m<sup>-1</sup>) e 50% de água do rejeito de um dessalinizador (CE= 6,1 dS m<sup>-1</sup>). A mistura dessas fontes apresentou uma CEa de 3,36 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 3). O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento. É importante salientar que para o ano de 2022, cujo regime hídrico foi considerado chuvoso, foram realizadas apenas duas irrigações suplementares de 30 mm cada, pois, no período experimental só foi observado dois veranicos. Vale ressaltar que o acumulado de chuvas medido na área experimental correspondeu a um total de 674,5 mm entre o plantio e a colheita (março a junho).

**Tabela 3.** Características químicas da água de irrigação.

	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	P	RAS
		dS/m	.....mmol/L.....				mg/kg	mmol/L
AÇUDE	7,57	0,26	0,18	0,43	0,61	0,26	0,039	1,1
REJEITO	7,95	6,1	9,02	9,84	42,89	0,56	0,023	13,97
MISTURA	8,3	3,36	6,14	6,39	23,5	0,51	0,0058	9,42

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas sub-subdivididas, considerando-se: i) duas espécies (milho e sorgo); ii) dois cenários hídricos (sequeiro e irrigação suplementar) e iii) dois manejos de cobertura morta (com e sem aplicação de bagana), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Cada parcela foi formada por seis linhas de plantio, com 16 m de comprimento, sendo a sub-parcela a divisão da mesma, tendo, portanto, seis linhas de 8 m cada. O espaçamento adotado foi de 0,7 x 0,2 m para o milho e 0,7 x 0,1 m para o sorgo.

Para análise das trocas gasosas foliares foi utilizado um analisador portátil de gás no infravermelho (ADC System, ADC, UK). Aos 75 dias após a semeadura (período que compreendeu um veranico), entre às 11 e 13 horas, foram então mensuradas as variáveis: fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E) e condutância estomática (gs), sendo avaliadas na terceira folha completamente expandida, a partir do ápice das plantas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando constatada diferença estatística significativa, realizou-se teste de Tukey aos níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Assistat. 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 4), observa-se que as variáveis fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E) e condutância estomática (gs) foram influenciadas significativamente pelo tratamento com e sem irrigação suplementar com água salobra (b). Ao analisar a interação entre espécies x suplementação (axb) verificou-se que todas as variáveis apresentaram diferença significativa, com exceção da gs. Além disso, houve diferença significativas quanto a transpiração foliar no que se refere aos blocos e entre espécies (a) quanto a concentração interna de CO<sub>2</sub>. É importante destacar que os tratamentos com e sem aplicação de cobertura morta (c) não promoveram efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas.

**Tabela 4.** Análise de variância para as variáveis fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E) e condutância estomática (gs) das espécies milho e sorgo (a) submetidas ou não a irrigação suplementar com água salobra (b) e cultivadas em solo com presença ou não de cobertura morta (c).

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Ci ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	gs ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Bloco	27,06 <sup>ns</sup>	396,79 <sup>ns</sup>	12,48 <sup>**</sup>	0,011 <sup>ns</sup>
Espécies (a)	8,85 <sup>ns</sup>	1335,1 <sup>*</sup>	0,181 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>ns</sup>
Resíduo a	12,44	113,94	0,309	0,036
C.V. % - a	10,85	6,44	9,12	33,02
Suplementação (b)	488,8 <sup>**</sup>	2358,1 <sup>*</sup>	5,403 <sup>**</sup>	0,378 <sup>**</sup>
Interação (axb)	91,6 <sup>*</sup>	2156,6 <sup>*</sup>	1,79 <sup>*</sup>	0,021 <sup>ns</sup>
Resíduo b	7,42	251,5	0,143	0,011
C.V. % - b	8,38	9,57	6,21	18,15
Cobertura (c)	38,65 <sup>ns</sup>	934,2 <sup>ns</sup>	0,0306 <sup>ns</sup>	0,0032 <sup>ns</sup>
Interação (axc)	15,19 <sup>ns</sup>	1727,2 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,0091 <sup>ns</sup>
Interação (bxc)	6,9 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	0,3806 <sup>ns</sup>	0,0091 <sup>ns</sup>
Interação (axbxc)	28,18 <sup>ns</sup>	771,26 <sup>ns</sup>	0,00015 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Resíduo c	11,19	453,35	0,1382	0,0146
C.V. % - c	10,3	12,84	6,09	20,87

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo, pelo teste F.

Os testes de médias para o tratamento (b) avaliado de maneira independente são apresentados na Tabela 5, sendo possível observar que houve diferença estatística significativa para todas as variáveis analisadas entre os fatores estudados. Vale salientar que, com exceção da Ci, todas as variáveis tiveram médias superiores nos tratamentos em que se fez uso da irrigação suplementar em relação ao sequeiro. As variáveis fotossíntese, transpiração foliar e condutância estomática tiveram um aumento percentual de 27%, 14% e 44%, respectivamente. Enquanto que para a concentração interna de CO<sub>2</sub> houve um decréscimo de 9,8%. Esses resultados nos permitem observar que mesmo em um período chuvoso, os dois veranicos

observados induziram à redução da atividade fotossintética das plantas submetidas a restrição hídrica (sequeiro).

Segundo Silva et al. (2010) há redução da taxa fotossintética das plantas a depender da disponibilidade hídrica do solo à medida que sob restrição de água a condutância estomática e a transpiração das plantas são limitadas.

**Tabela 5.** Teste de médias para o fator com e sem irrigação suplementar com água salobra (b).

Fontes de Variação	Médias			gs
	A	Ci	E	
Sequeiro	28,59 b	174,3 a	5,69 b	0,47 b
Com suplementação	36,41 <sup>a</sup>	157,1 b	6,51 a	0,68 <sup>a</sup>

médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey.

Na tabela 6 são apresentadas o teste de médias da interação entre os fatores espécies (milho e sorgo) e suplementação ou não com água salobra (sequeiro e irrigado) para as variáveis fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e Transpiração foliar (E). Pode-se observar que a fotossíntese e a transpiração apresentaram maiores valores para ambas as culturas sob irrigação suplementar, com exceção da variável concentração interna de CO<sub>2</sub>.

Houve diferenças estatísticas entre as espécies estudadas para o tratamento de sequeiro quanto a fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub>, em relação ao tratamento com suplementação as duas espécies diferiram estatisticamente apenas quanto a transpiração. No que tange a variável fotossíntese houve um aumento percentual de 42,5 % e 14,37 % do tratamento sob irrigação suplementar em relação ao sequeiro, respectivamente para milho e sorgo.

A transpiração das plantas de milho e sorgo aumentou no tratamento sob irrigação em relação ao sequeiro em 23,3% e 5,9%, respectivamente. Contudo, sem diferença estatística para o sorgo. Diferentemente das outras variáveis, a concentração interna de CO<sub>2</sub> reduziu nas plantas que foram irrigadas em comparação ao sequeiro. Para o milho a redução foi de 17,8 %. Quanto ao sorgo, apesar da redução, não se observou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Analisando os resultados comparativos entre as espécies, no tratamento sob irrigação suplementar, foi observado diferença estatística entre as mesmas somente quanto a variável transpiração, tendo o milho um aumento percentual de 10% comparado ao sorgo para esta variável. Em relação ao tratamento de sequeiro, as espécies diferiram significativamente quanto a fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub>. O sorgo apresentou aumento percentual na

fotossíntese de 16,8% comparado ao milho, enquanto que para a variável concentração interna de CO<sub>2</sub> o mesmo apresentou redução de 15,5%.

É importante ressaltar que embora o milho e o sorgo se assemelhem-se quanto ao metabolismo fotossintético (são espécies C4), elas também se distinguem em características e particularidades, inferindo assim sobre os resultados. Sendo assim, esperado que haja diferenças nos resultados comparando-se as culturas.

Na literatura diversos trabalhos associam a redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> com a menor condutância estomática, resultado característico de plantas sob estresse salino, pois quanto menor a condutância estomática (abertura dos estômatos), menor será a entrada de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar, reduzindo sua concentração interna e conseqüentemente a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2017; TAIZ & ZEIGEN, 2013). Os resultados aqui encontrados diferem destes pois as plantas submetidas a irrigação suplementar com água salina aumentaram a fotossíntese e condutância estomática, contudo, houve redução na concentração interna de CO<sub>2</sub>.

É provável que as poucas irrigações realizadas não tenham sido suficientes para desencadear efeitos negativo sobre o metabolismo das plantas não havendo evidencia de estresse salino. E os melhores resultados obtidos no que tange a maioria das variáveis com exceção da Ci esteja relacionada a redução no estresse hídrico pela maior disponibilidade de água para as plantas no tratamento sob irrigação suplementar.

**Tabela 6.** Teste de médias para interação entres os fatores espécies (milho e sorgo) e suplementação ou não com água salobra para as variáveis Fotossíntese (A), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e Transpiração foliar (E).

F.V	Médias					
	A		Ci		E	
	Sequeiro	Irigado	Sequeiro	Irigado	Sequeiro	Irigado
Milho	26,37bB	37,58aA	189,02aA	155,4aB	5,53aB	6,82aA
Sorgo	30,81aB	35,24aA	159,68bA	158,9aA	5,85aA	6,20bA

<sup>1</sup>médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey; <sup>2</sup> médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey.

## CONCLUSÕES

A irrigação suplementar com água salina por curtos períodos não causou estresse salino sobre as culturas de milho e sorgo promovendo efeito positivo sobre as trocas gasosas foliares.

A irrigação suplementar reduziu o estresse hídrico das plantas.

O uso de bagana de carnaúba como cobertura morta no solo não exerceu influência sobre as trocas gasosas das culturas estudadas.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Ceará;

À CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pelo fomento dado a pesquisa através da concessão de bolsa estudantil;

Ao programa cientista-chefe em agricultura (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP) pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, A. B. DE; AQUINO, B. F. DE; FERREYRA HERNANDEZ, F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. DA; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

CAVALCANTE, E. S., LACERDA, C. F., COSTA, R. N. T., GHEYI, H. R., PINHO, L. L., BEZERRA, F. M. S., OLIVEIRA, A. C., CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, 78. 2021. doi:10.1590/1678-992X-2020-0151.

COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F.; PORTO FILHO, F. Q.; SILVA, J. S.; COSTA, F. G. B.; FREITAS, D. C. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.947-954, 2013.

KÖPPEN, W. P. **Die klimate der erde: Grundriss der klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & So., 1923. 369p.

OLIVEIRA, W. J. DE; SOUZA, E. R. DE; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. DE. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.32-37, 2017.

SILVA, F. A. S. E.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n.3, p. 440-446. 2002. doi: 10.1590/S1415-43662002000300010.

SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, v.11, p.3733-3740, 2016.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B. DE; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. DE L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, W. A. R. CAMARA et al. 8 I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010.

SOUSA, P. G. R. et al. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 11: 1201-1212, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.