

## TROCAS GASOSAS FOLIARES DO MILHO SUBMETIDO A DIFERENTES CENÁRIOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUA SALOBRA

Wembley Albertanio Rodrigues Camara<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>, Eduardo Santos Cavalcante<sup>3</sup>, Luciana Luzia Pinho<sup>4</sup>, Adriana Cruz de Oliveira<sup>5</sup>, Juvenaldo Florentino Canjá<sup>6</sup>

**RESUMO:** A irrigação suplementar durante os períodos de seca pode reduzir as perdas no cultivo de sequeiro no semiárido. Essa irrigação pode ser realizada utilizando-se diferentes fontes hídricas, tais como as águas residuárias e salobras. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar respostas fisiológicas do milho sob diferentes cenários hídricos simulados e irrigação suplementar com águas salobras sob diferentes intensidades de veranicos. O experimento foi conduzido durante a estação seca em 2019, entre os meses de agosto e dezembro, na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (3°74' S, 38°58' W e altitude de 19 m), Ceará, Brasil. O experimento obedeceu a um delineamento de blocos casualizados, no arranjo de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo quatro simulações de cenários hídricos (anos chuvosos, normais, secos e muito secos, definidos com base nas precipitações fornecidas pela Funceme), com e sem irrigação suplementar com água salobra com CEa = 4,5 dS m<sup>-1</sup> durante os veranicos). Nos períodos sem veranicos as irrigações foram realizadas com água de baixa salinidade, simulando a ocorrência de chuvas. Foi possível concluir que a irrigação suplementar com água salobra de 4,5 dS m<sup>-1</sup> influencia positivamente as trocas gasosas foliares na cultura do milho, em que as variáveis de fotossíntese, concentração interna de CO<sub>2</sub> e transpiração apresentaram um incremento em suas médias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semiárido, Veranicos. Salinidade, Manejo da irrigação

## LAEF GAS EXCHANGE OF MAIZE SUBMITTED TO DIFFERENTIAL WATER SCENARIO AND SUPPLEMENTAL IRRIGATION WITH BRACKISH WATER

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, wembleyrodriques@alu.ufc.br;

<sup>2</sup> Prof. Doutor em fisiologia vegetal, Universidade Federal do Ceará, cfeitosa@ufc.br;

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, educavalcanteufc@gmail.com;

<sup>4</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, englucianaufc@gmail.com;

<sup>5</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, drica\_fj@hotmail.com.br;

<sup>6</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, batchijuve@gmail.com.

**ABSTRACT:** Supplementary irrigation during periods of drought can reduce losses in rainfed cultivation in the semiarid. This irrigation can be carried out using different water sources, such as wastewater and brackish water. In this context, the objective of this work was to evaluate physiological responses of corn under different simulated water scenarios and supplementary irrigation with brackish waters. The experiment was conducted during the dry season in 2019, between August and December, in the experimental area of the Hydraulics and Irrigation Laboratory of the Federal University of Ceará, Fortaleza (3 ° 74 'S, 38 ° 58' W and altitude of 19 m), Ceará, Brazil. The experiment followed a randomized block design, in the arrangement of plots subdivided with four replications, four simulations of water scenarios (rainy, normal, dry and very dry years, defined based on the rainfall provided by Funceme), with and without irrigation. supplement with brackish water with  $CEa = 4.5 \text{ dS m}^{-1}$  during summer). In periods without summer, irrigations were carried out with low salinity water, simulating the occurrence of rain. It was possible to conclude that the supplementary irrigation with brackish water of  $4.5 \text{ dS m}^{-1}$  positively influences leaf gas exchange in the corn crop, in which the photosynthesis, internal  $\text{CO}_2$  concentration and transpiration variables showed an increase in their averages.

**KEYWORDS:** Semiarid, Dry spell, Salinity. Irrigation management

## INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas mais importantes mundialmente, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista social. Destaca-se por ser o grão mais produzido no mundo. O milho produzido no Brasil também tem ganhado importância no cenário do comércio mundial: o país se destaca por ser o segundo maior exportador do grão (SOLOGUREN, 2015).

No Brasil, o destino do milho é, principalmente, a produção de rações para uso animal. Estima-se que, dentre as quase 85 milhões de toneladas produzidas, 56 milhões de toneladas são destinadas para uso na alimentação animal (SOLOGUREN, 2015).

Na Região Nordeste e particularmente no Estado do Ceará, as áreas produtoras de milho pertencem a pequenos agricultores, os quais cultivam sob condições de sequeiro. Esse tipo de cultivo tem enfrentado grandes problemas associados com as secas, sendo este um dos elementos climáticos que está mais diretamente relacionado à produção agrícola e devido à distribuição irregular das chuvas, há grandes riscos na programação das atividades do setor agrícola (MELO JUNIOR et al., 2006).

As áreas áridas e semiáridas cobrem aproximadamente 41% da superfície terrestre. Nessas áreas, a degradação do solo é um problema ambiental extremamente desafiador, levando a uma grave desertificação (REYNOLDS et al., 2007). O clima é uma das características mais importantes do semiárido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas, determinantes do sucesso (ou não) das atividades agrícolas e pecuárias e, conseqüentemente, da sobrevivência das famílias (SILVA et al., 2010).

Além dos eventuais anos secos e da curta duração da estação chuvosa, as regiões semiáridas ainda tem outra adversidade climática no tocante a exploração agrícola, os veranicos. Os veranicos podem ser caracterizados como ocorrência de períodos com pouquíssima ou nenhuma chuva durante a estação chuvosa (SILVA & RAO, 2002).

A variabilidade espaço-temporal, juntamente com a baixa precipitação durante as estações de cultivo, sugere que a agricultura de sequeiro necessite de uma irrigação suplementar que possa reduzir o estresse hídrico sofrido durante os estádios de crescimento das culturas e aumentar e estabilizar a produtividade agrícola (ALI et al., 2015). A utilização de águas residuárias e salobras como alternativa para a irrigação ainda é um desafio para a agricultura, mas se utilizada de forma correta, pode ser uma alternativa para algumas atividades produtivas das regiões semiáridas, incluindo diversos ramos da indústria e do setor agropecuário (CIRILO, 2008).

Acredita-se que a irrigação suplementar com água salobra na cultura do milho possa contribuir positivamente para as respostas fisiológicas do milho e, deste modo, contribuir para uma maior produtividade da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento fisiológico do milho sob diferentes cenários hídricos e intensidades de veranicos, com e sem a irrigação com águas salobras.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido entre agosto e dezembro de 2019, na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. Utilizando a classificação de Köppen (1918), o clima foi classificado como Aw, denominado tropical chuvoso, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, sendo a época mais seca de ocorrência no inverno e o máximo de ocorrência de chuvas no outono (AGUIAR et al., 2003).

A precipitação média anual no município de Fortaleza - CE é de 1.507,75 mm ano<sup>-1</sup>, umidade relativa média anual de 77,3%, com média de temperatura máxima anual de 31,0 °C

e temperatura mínima de 23,9 °C, conforme dados climáticos coletados no período compreendido entre janeiro de 2000 e janeiro de 2016 (INMET, 2016).

O solo da área onde o experimento foi conduzido foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo seguindo a metodologia da Embrapa (2006). Foram utilizadas sementes de Milho híbrido da variedade BRS 2020, cuja suas características são: ciclo precoce, porte baixo, excelente empalhamento e grãos do tipo semiduro, alaranjados e apresenta alta sanidade.

O experimento simulou quatro cenários hídricos: anos chuvosos, normais, secos e muito secos, sendo o padrão de chuvas e veranicos definidos com base nas precipitações fornecidas pela Funceme para a região do Vale do Curu-CE, num período de 30 anos. Cada cenário hídrico foi subdividido em duas subparcelas: uma sem irrigação nos veranicos e outra que recebe suplementação com água salobra ( $CEa = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) durante os veranicos. Cada subparcela foi formada por seis linhas de plantio, com 10 m de comprimento cada.

O milho foi semeado com um espaçamento de 0,8 x 0,2 m. Nos períodos sem veranicos as irrigações foram realizadas com água de baixa salinidade, simulando a ocorrência de chuvas, conforme padrão de chuvas obtidos do banco de dados da Funceme para a região do Vale do Curu-CE.

A irrigação foi por gotejamento através de um sistema montado de irrigação pressurizada na área do experimento. A água de boa qualidade foi retirada de um poço próximo ao experimento. Para a elaboração da água salobra foram utilizados os sais de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, na proporção 7:2:1, respectivamente. Cada tipo de água foi armazenado em uma caixa d'água de 5 mil litros. A água das caixas foram bombeadas através de uma bomba de 2 CV. As lâminas de água salobras aplicadas durante os veranicos foram definidas com base em dados climatológicos e nos Kcs da cultura para a região.

O experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, no arranjo de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo quatro tratamentos nas parcelas (simulações de cenários hídricos) e dois tratamentos nas subparcelas (com e sem irrigação suplementar com água salobra durante os veranicos), com 150 plantas em cada subparcela, totalizando 4,800 plantas em todo o experimento.

As medições das trocas gasosas foliares, tais como fotossíntese (A), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) foram realizadas aos 56 dias após a semeadura, na primeira folha totalmente expandida. Essas medições foram feitas utilizando-se o analisador de gases

infravermelho portátil IRGA, modelo Li - 6400XT (Portable Photosynthesis System - LI) da LICOR®.

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste da Tukey a 5 % de significância. Os dados foram analisados através o Software Sisvar – versão 5,6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar análise de variância para as variáveis de fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e transpiração (E) foi possível observar que os diferentes cenários hídricos apresentaram significância estatística para a taxa de fotossíntese e transpiração. Já para a suplementação com água salobra, todas as variáveis apresentaram significância estatística a 1% de probabilidade. A seguir encontra-se a tabela 1 com a análise de variância.

**Tabela 1.** Análise de variância dos cenários hídricos e suplementação ou não com água salobra.

Fontes de Variação	Quadrado Médio		
	A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Ci ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Bloco	62,97 <sup>ns</sup>	645,33 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>
Cenário Hídrico (a)	196,51 <sup>*</sup>	806,45 <sup>ns</sup>	7,53 <sup>**</sup>
Resíduo 1	36,59	1199,23	0,94
Suplementação (b)	1566,38 <sup>**</sup>	12782,62 <sup>**</sup>	66,23 <sup>**</sup>
Interação (axb)	59,90 <sup>ns</sup>	137,90 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	73,64	845,50	2,65

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

Na tabela 2 é possível observar os valores das médias dos diferentes cenários hídricos e suplementação ou não com água salobra. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

**Tabela 2.** Teste de médias dos cenários hídricos e suplementação ou não com água salobra

Fontes de Variação	Médias		
	A	Ci	E
Chuvoso	35,48A	95,58A	6,91B
Normal	27,83AB	79,58A	6,01AB
Seco	26,96AB	90,64A	4,22A
Muito Seco	21,48B	107,54A	5,86A
Com suplementação	36,27a	116,41a	7,41a
Sem suplementação	20,11b	70,26b	4,09b

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

A partir da tabela 1 e 2 é possível verificar que há uma diferença estatística para os cenários hídricos, mostrando que os tratamentos chuvoso e normal apresentaram maiores médias para as variáveis fotossíntese e transpiração. Foi obtido menores valores de fotossíntese e transpiração nos regimes hídricos que promoveram maior estresse hídrico, sendo este estresse, um problema que reduz acentuadamente a atividade fotossintética das plantas. Segundo Silva et al., (2010), a disponibilidade hídrica no solo pode causar

fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, o que reduz, consequentemente, a taxa de fotossíntese. Desta forma, percebe-se que o tratamento que simula um ano seco e muito seco possui os menores valores de média para ambas as variáveis analisadas, mostrando que quanto menor a quantidade de água disponível para a planta, menor serão os valores de fotossíntese e transpiração. Taylor et al., (1983) afirmam que a baixa disponibilidade de água para a planta interfere diretamente na fisiologia da planta, limitando a produção de fotoassimilados e o desenvolvimento das plantas.

Para a suplementação com água salobra, é possível verificar na Tabela 1 que houve diferença estatística para as 3 variáveis analisadas, em que a suplementação com água salobra apresentou os maiores valores, mostrando que a irrigação suplementar com água salobra pode ser bastante vantajosa, pois os sais presentes na água de irrigação e no solo não agiram negativamente nas atividades dos íons e nos processos fisiológicos. Este resultado pode ter sido ocasionado pelo fato da irrigação com água do poço promover uma lavagem dos sais, reduzindo a quantidade de sais na solução do solo. Para Kang et al., (2010), a utilização de água salina associada a água de boa qualidade (água da chuva ou água de baixa condutividade elétrica) é benéfica ao cultivo, pois a de baixa salinidade reduz o acúmulo de sais na zona radicular, aliviando o efeito do estresse salino sobre as plantas.

Deste modo, a utilização de águas salobras e reuso das águas de drenagem agrícola é uma opção eficaz para diminuir o consumo de água de baixa salinidade nas atividades agrícolas, o qual é elevado no Brasil e em outros países do mundo (PORTO FILHO et al., 2006; KULKARNI, 2011; ISMAIL, 2016). Alguns estudos também demonstram que a utilização da água salobra de forma cíclica é benéfica para a cultura, principalmente quando se utiliza água de baixa salinidade na fase de germinação e estabelecimento da plântula (KAUR et al., 2007; BARBOSA et al., 2012; KIANI & MOSAVATA, 2016).

## **CONCLUSÕES**

Conclui-se que a irrigação suplementar com água salobra de 4,5 dS m<sup>-1</sup> influencia positivamente as trocas gasosas foliares na cultura do milho, em que as variáveis de todas as variáveis apresentaram um incremento em suas médias.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao INCTSal, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A. B.; SHUANG-EN, Y.; PANDA, S.; GUANG-CHENG, S. Water harvesting techniques and supplemental irrigation impact on sorghum production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n. 15, p. 3107-3116, 2015.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recurso hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, n. 22, v. 63, p. 61-82, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro.** 2006. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_16\\_2212200611542.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html)>. Acesso em: 07 mar. 2020.

KANG, Y.; CHEN, M.; WAN, S. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 1303–1309, 2010.

MELO JUNIOR, J. C. F. SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, P. A.; LEAL, B. G.; MINUSI, R. B. Distribuição espacial da frequência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, 2006.

REYNOLDS, J. F.; SMITH, D. M. S.; LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L. II; MORTIMORE, M.; BATTERBURY, S. P. J. Global desertification: building a science for dryland development. **Science**, p. 847–851, 2007.

ŞEN, Z. Regional Wet and Dry Spell Analysis with Heterogeneous Probability Occurrences. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 20, n. 9, 2015.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 7-13, 2010.

SILVA, P. C. G. da; 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,

I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010.

SOLOGUREN, L. **Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção.** Visão Agrícola. 2013 USP/ESALQ, São Paulo, ano 9, n. 13, p. 4, 2013.

TAYLOR, H.M.; JORDAN, W.R.; SINCLAIR, T.R. **Limitations to efficient water use and crop production.** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1983. p. 57-64.