



TROCAS GASOSAS DA CUNHÃ EM SISTEMA CONSORCIADO COM PALMA FORRAGEIRA E SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUA SALOBRA

Rute Maria Rocha Ribeiro¹, Claudivan Feitosa de Lacerda², Raimundo Nonato Távora Costa³, Jonnathan Richeds da Silva Sales⁴, Eduardo Santos Cavalcante⁵, Juliette Freitas do Carmo⁶

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar as trocas gasosas da cultura da cunhã em sistema consorciado com a palma forrageira e sob irrigação suplementar com água salobra. O experimento foi conduzido em General Sampaio – CE, com delineamento em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram referentes a dois cenários hídricos: com e sem suplementação com água salobra na quadra chuvosa; as subparcelas foram formadas por três sistemas de produção compostos pelas forrageiras cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e palma (*Opuntia stricta* (Haw) Haw): S1 – cunhã solteira (1,0 x 0,1m), S2 – palma consorciada (2,0 x 0,1m) com uma linha de cunhã (1,0 x 0,1m), S3 – palma (3,0 x 0,1m) consorciada com duas linhas de cunhã (1,0 x 0,1m); já as subsubparcelas foram atribuídas a dois tempos de análise: 82 e 220 dias após o plantio (DAP). Aos 82 e 220 DAP foram realizadas as medições das seguintes variáveis de trocas gasosas: Fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂. A irrigação suplementar com água salobra de 4,6 dS m⁻¹ atenuou os efeitos do estresse hídrico sobre a fotossíntese líquida (aos 220 DAP), transpiração (aos 82 e 220 DAP) e condutância estomática das plantas de cunhã, sendo benéfica às trocas gasosas foliares dessa cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura irrigada, Consórcio, Salinidade.

GAS EXCHANGE OF THE WEDGE IN A CONSORTIUM SYSTEM WITH FORAGE PALM AND UNDER SUPPLEMENTARY IRRIGATION WITH BRACKET WATER

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: rutemaryrocha@gmail.com

² Prof. Doutor em Fisiologia vegetal, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: cfeitosa@ufc.br

³ Prof. Doutor em Irrigação e drenagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: rntcosta@ufc.br

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: jonnathanagro@gmail.com

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: educavalcanteufc@gmail.com

⁶ Doutoranda em Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, E-mail: juliettefreitas@yahoo.com.br

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the gas exchange of the wedge culture in an intercropping system with cactus pear and under supplemental irrigation with brackish water. The experiment was conducted in General Sampaio - CE, with a randomized block design, in sub-subdivided plots, with four blocks. The plots referred to two water scenarios: with and without supplementation with brackish water in the rainy season; the subplots were formed by three production systems composed of wedge forage (*Clitoria ternatea* L.) and cactus pear (*Opuntia stricta* (Haw) Haw): S1 – single wedge (1.0 x 0.1m), S2 – intercropped cactus (2 .0 x 0.1m) with a wedge line (1.0 x 0.1m), S3 – palm (3.0 x 0.1m) intercropped with two wedge lines (1.0 x 0.1m); the sub-subplots were assigned to two analysis times: 82 and 220 days after planting (DAP). At 82 and 220 DAP, measurements of the following gas exchange variables were performed: Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and internal CO₂ concentration. Supplementary irrigation with 4.6 dS m⁻¹ brackish water attenuated the effects of water stress on net photosynthesis (at 220 DAP), transpiration (at 82 and 220 DAP) and stomatal conductance of wedge plants, being beneficial to exchanges leaf gases of this crop.

KEYWORDS: Irrigated agriculture, Intercropping, Salinity.

INTRODUÇÃO

Agricultura irrigada é fundamental para a produção agrícola e pecuária nas regiões áridas e semiáridas. A expansão da agricultura irrigada é comprometida pela escassez hídrica nessas regiões decorrente da má distribuição geográfica e espacial da precipitação ao longo do ano. Outro fator que inviabiliza sua expansão é a salinidade do solo e da água presentes na região semiárida brasileira. Diante dessa conjuntura surgem alternativas para garantir a produção agrícola e pecuária nessas regiões, dentre elas estão a utilização de culturas tolerantes ao déficit hídrico e a irrigação suplementar com água salobra.

O uso de espécies tolerantes ao estresse hídrico e salino cultivadas de forma consorciada pode ser uma solução para a escassez de água nas regiões semiáridas (LIU et al., 2018; JARDIM et al., 2021). No contexto da agricultura bioessalina, a irrigação suplementar pode diminuir as perdas da agricultura de sequeiro, especialmente em períodos de veranicos, ao passo que, a irrigação suplementar pode reduzir os efeitos negativos dos períodos de seca nas trocas gasosas foliares (CAVALCANTE et al., 2022).

A popularização do cultivo de forrageiras adaptadas à caatinga e com baixa exigência hídrica, pode viabilizar maior rentabilidade na atividade pecuária do semiárido brasileiro. Estudos envolvendo sistemas consorciados de cactáceas com leguminosas, como a cunhã (*Clitória ternatea* L.) sob irrigação suplementar com água de baixa qualidade ainda são escassos na literatura, uma vez que não existem estudos que investiguem a influência do consórcio e da utilização de irrigação suplementar sob as trocas gasosas dessas culturas. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as trocas gasosas da cultura da cunhã em sistema consorciado com a palma forrageira e sob irrigação suplementar com água salobra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na localidade de Riacho das Pedras pertencente ao município de General Sampaio, no Estado do Ceará, com coordenadas de latitude 4° 03' 10" Sul; e longitude 39° 27' 16" Oeste. O clima da região é caracterizado como tropical quente semiárido brando, com chuvas predominantes nos meses de janeiro a abril e temperatura média de 26 a 28°C (IPECE, 2017).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram referentes a dois cenários hídricos: com e sem suplementação com água salobra na quadra chuvosa; as subparcelas foram formadas por três sistemas de produção compostos pelas forrageiras Cunhã (*Clitória ternatea* L.) e palma (*Opuntia stricta* (Haw) Haw): S1 – cunhã solteira (1,0 x 0,1m), S2 – palma consorciada (2,0 x 0,1m) com uma linha de cunhã (1,0 x 0,1m), S3 – palma (3,0 x 0,1m) consorciada com duas linhas de cunhã (1,0 x 0,1m); já as subsubparcelas foram atribuídas a dois tempos de análise: 82 e 220 dias após o plantio (DAP).

Os cultivos foram estabelecidos após o início da estação chuvosa, no mês de fevereiro de 2022, em uma área de 0,2 ha. O material de propagação utilizado no plantio do palmar foi da cultivar 'Orelha de elefante mexicana', já na cultura da cunhã a propagação foi por meio de sementes. O solo da área experimental possuía os seguintes atributos químicos: pH 5,67, condutividade elétrica do extrato de saturação 0,29 dS m⁻¹, 0,22, 0,51, 0,27, 0,19 cmolc kg⁻¹ de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, respectivamente. Quanto a composição granulométrica o solo é constituído por 85,37% de areia, 8,5% de silte e 6,13% de argila.

A necessidade de suplementação foi dada por pelo menos cinco dias sem chuvas (veranicos). A água utilizada na suplementação foi proveniente da mistura de águas de um poço

com condutividade elétrica (CEa) de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ com água de um cacimbão com CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, possuindo a mistura de águas $4,6 \text{ dS m}^{-1}$, na tabela 2 encontra-se a análise química das águas utilizadas neste estudo.

Tabela 2. Análise química das águas utilizadas no experimento.

Laudo da água do poço, General Sampaio – CE					
pH	CE (dS m^{-1})	Na^+	K^+ mmolc L^{-1}	Ca^{2+}	P mg L^{-1}
8,43	5,0	45,7	0,33	14,27	0,027
Laudo da água do cacimbão, General Sampaio – CE					
pH	CE (dS m^{-1})	Na^+	K^+ mmolc L^{-1}	Ca^{2+}	P mg L^{-1}
8,19	3,0	12,76	0,102	9,69	0,025

¹Potencial hidrogeniônico (pH), ²Condutividade elétrica (CE), ³Sódio (Na^+), ⁴Potássio (K^+), ⁵Cálcio (Ca^{2+}), ⁶Fósforo (P).

Os tratamentos com suplementação foram abastecidos por meio de um sistema de irrigação localizada, do tipo gotejamento, com uma linha de irrigação por fileira de plantas, sendo utilizadas fitas gotejadoras de polietileno flexível, com vazão de $1,7 \text{ L h}^{-1}$ por emissor e espaçamento entre emissores de 0,2 m.

A quantidade de água aplicada foi estimada diariamente através da evapotranspiração de referência – ETo, obtida por meio da equação de Hargreaves e Samani. As lâminas de água totais aplicadas durante o ciclo da cunhã são mostradas na Figura 1. Foram realizados quatro eventos de suplementação com água salobra durante a quadra chuvosa, onde o tratamento S1 recebeu 31,66 mm, S2 25,33 mm e S3 28,5 mm.

Vale salientar que após o primeiro corte da cultura aos 120 DAP as chuvas cessaram, sendo adotada a irrigação plena com água salobra para a cultura da cunhã de 120 DAP aos 220 DAP. Neste período foi aplicada uma lâmina total de 71,25 mm no tratamento S1, de 57 mm no S2 e de 64,12 mm no S3.

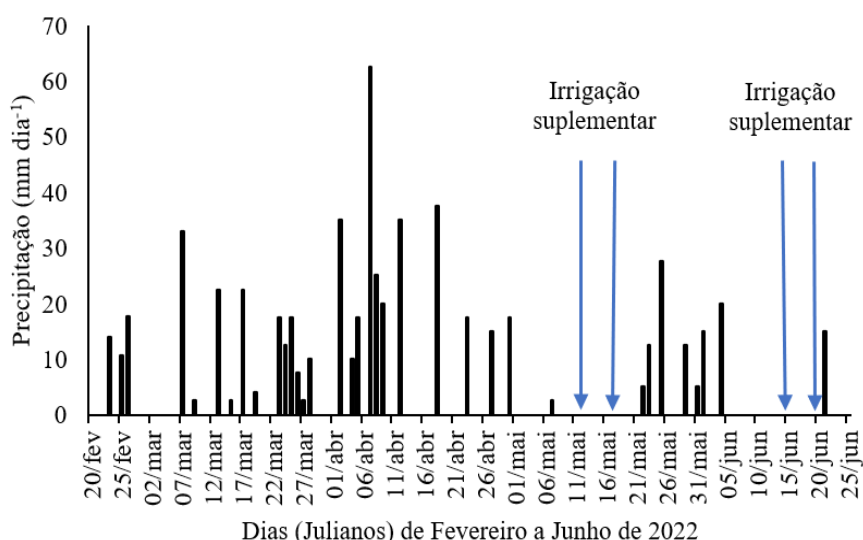


Figura 1. Lâminas de água totais aplicadas na cultura da cunhã durante seu ciclo.

Aos 82 e 220 DAP foram realizadas as medições das seguintes variáveis de trocas gasosas: fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e a concentração interna de CO₂ (Ci). As medições foram realizadas utilizando-se um analisador de gás infravermelho (LCiSystem, ADC, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey utilizando-se o Software Assistat versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As trocas gasosas das plantas de cunhã foram influenciadas pelos diferentes cenários hídricos ao longo do tempo, ocorreu influência dos sistemas de produção somente para fotossíntese. Houve interação entre os cenários hídricos e os tempos de avaliação sobre a taxa fotossintética ($p < 0,05$) e transpiração ($p < 0,01$). A condutância estomática e a concentração interna de CO₂ das plantas de cunhã foram afetadas negativamente pela ausência de irrigação suplementar com água salobra ($p < 0,05$), sofrendo também reduções ao longo do tempo de plantio ($p < 0,01$), de modo isolado para ambos fatores (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância das trocas gasosas da cunhã em sistema consorciado com palma forrageira e sob irrigação suplementar com água salobra.

Fontes de variação	Quadrado Médio			
	A	E	gs	Ci
Bloco	10,99 ^{ns}	1,21*	0,086 ^{ns}	844,28 ^{ns}
Cenário hídrico (C)	179,68 ^{ns}	50,44**	0,28*	7278,9*
Resíduo	6,51	0,072	0,021	498,77
Sistemas de plantio (S)	32,84*	0,18 ^{ns}	0,042 ^{ns}	574,53 ^{ns}
Interação (C x S)	7,28 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,019 ^{ns}	1574,0 ^{ns}
Resíduo 2	7,08	0,31	0,017	679,65
Dias após o plantio (D)	4176,1**	23,55**	5,77**	74307,7**
Interação (C x D)	95,11*	23,33**	0,04 ^{ns}	581,64 ^{ns}
Interação (S x D)	22,55 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2219,42 ^{ns}
Interação (C x S x D)	2,96 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,01 ^{ns}	45,32 ^{ns}
Resíduo 3	8,25	0,54	0,03	772,98
CV (%) (C)	14,68	5,76	23,62	10,47
CV (%) (S)	15,31	11,99	20,95	12,22
CV (%) (D)	16,52	15,76	20,73	13,04

¹Coefficiente de variação (CV), não significativo (ns), significativo a 1% de probabilidade (**), significativo a 5% de probabilidade (*).

Não houve diferença estatística na taxa fotossintética aos 82 DAP para os tratamentos com e sem suplementação (Figura 2A), não demonstrando necessidade de suplementação com água salobra neste período durante a quadra chuvosa. Este fato pode ser explicado pela tolerância da cunhã ao estresse hídrico, de acordo com Mistura et al. (2010) a espécie *Clitoria*

ternatea L. possui grande potencial de cultivo no semiárido brasileiro, devido à sua tolerância à seca, pastejo, pisoteio e estresse hídrico. Aos 220 DAP a suplementação com água salobra propiciou uma maior taxa fotossintética nas plantas de *Clitória ternatea* L. pela mitigação dos efeitos do estresse hídrico, todavia a maior atividade fotossintética foi observada aos 82 DAP.

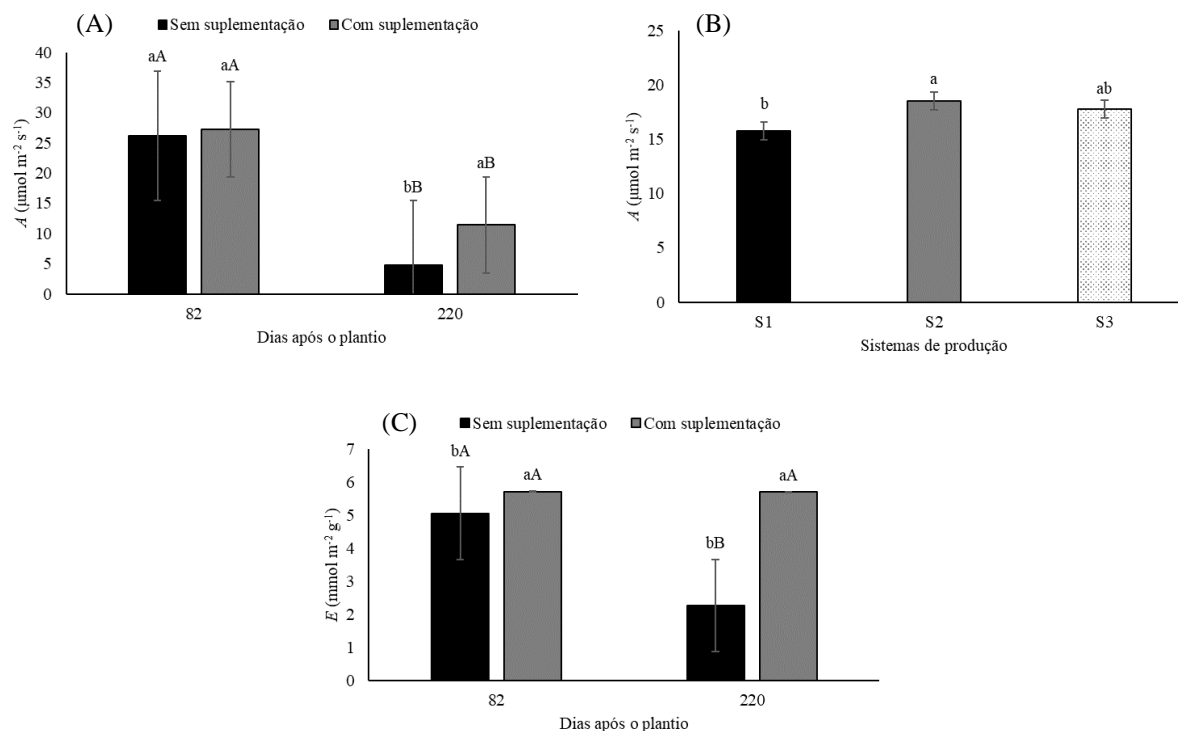


Figura 2. Taxa fotossintética (A) e de transpiração (C) de plantas de *Clitória ternatea* L. submetidas a diferentes cenários hídricos (com e sem suplementação com água salobra) e sistemas de produção (B) aos 82 e 220 DAP. Para interação C X D, médias seguidas de letra minúscula na coluna correspondem aos dias após o plantio, já as letras maiúsculas aos cenários hídricos. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 1% de significância.

A ausência de suplementação reduziu a fotossíntese por efeito do estresse hídrico durante os veranicos. Sob estresse hídrico, a fotossíntese é afetada principalmente em função do fechamento estomático (OLIVEIRA et al., 2020). De modo similar, Cavalcante et al. (2022) notaram que no cenário chuvoso, não foi observada diferença nas taxas fotossintéticas na cultura do milho entre os tratamentos com e sem suplementação.

Os sistemas consorciados com a palma forrageira (S2 e S3) propiciaram um aumento da taxa fotossintética (Figura 2B), em comparação ao sistema 1 constituído apenas pela cunhã solteira. O aumento da fotossíntese nos sistemas de consórcio palma-cunhã pode ser explicado pela complementaridade hídrica nos sistemas de cultivo. De acordo com Montezano & Peil (2006), a complementaridade espacial ocorre quando as diferenças na arquitetura das plantas contribuem para uma melhor utilização da luz, água e nutrientes disponíveis no ecossistema produtivo. Os resultados obtidos neste estudo corroboram a informação de Lima et al. (2018) que observaram aumento da fotossíntese nos sistemas de consórcio de palma e sorgo.

A suplementação com água salobra ocasionou uma maior taxa transpiratória nas plantas de cunhã aos 82 e 220 DAP (Figura 2C), comportamento semelhante a taxa fotossintética líquida. Por outro lado, aos 220 DAP a transpiração foi prejudicada pela ausência de suplementação. O estresse hídrico mostrou-se ser mais deletério que o salino, comprometendo as trocas gasosas foliares da cunhã pelo fechamento estomático e conseqüentemente redução na transpiração. Cavalcante et al. (2022) estudando a irrigação suplementar com água salobra na cultura do milho em condições de sequeiro tropical notaram reduções na transpiração ocasionadas pelo estresse hídrico nos cenários hídricos normal, seca e seca severa sem irrigação suplementar.

A irrigação suplementar com água salobra propiciou um acréscimo de 30% na condutância estomática das plantas de cunhã (Figura 3A). Os efeitos osmóticos e tóxicos que os sais acumulados no solo podem ocasionar nas plantas pode ter sido reduzido pela lavagem dos sais da zona radicular por meio da precipitação, não prejudicando as trocas gasosas da cultura.

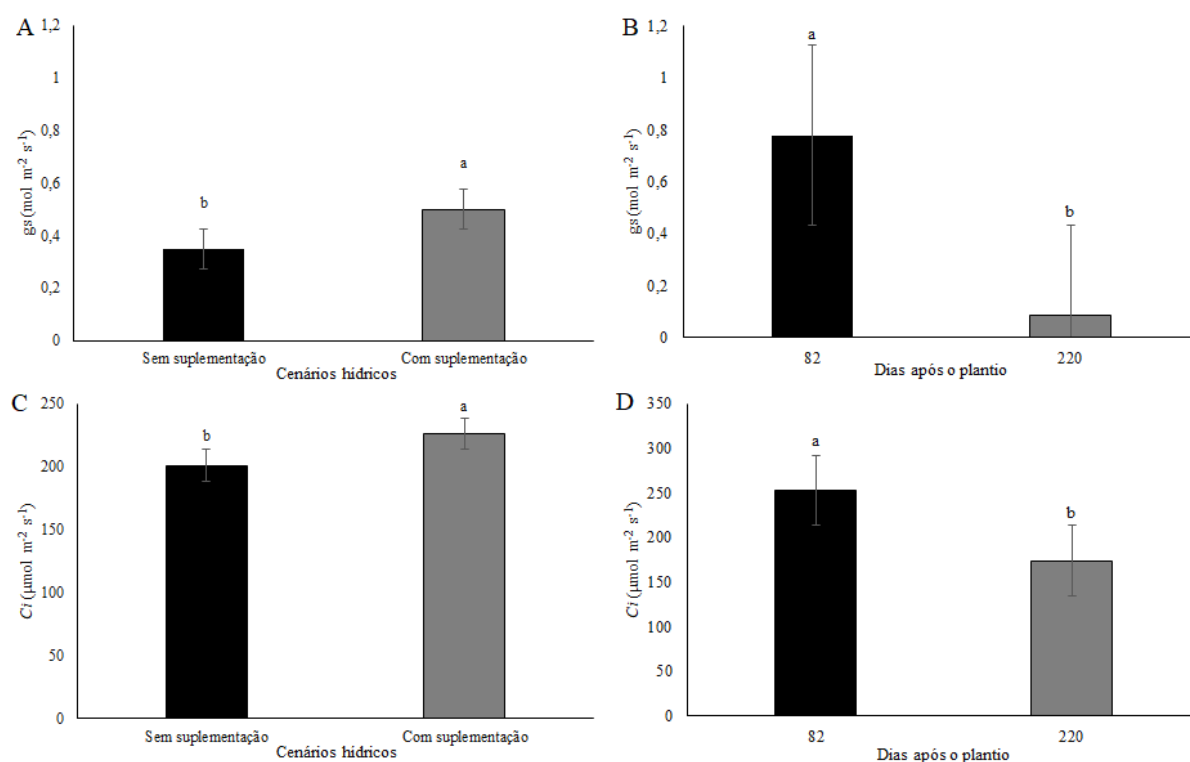


Figura 3. Condutância estomática e concentração interna de CO₂ de plantas de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) com (CS) e sem suplementação (SS) com água salobra (A e C) e aos 82 e 220 dias de após o plantio (B e D).

Em contrapartida, houve uma redução de 90% dos valores de condutância aos 220 DAP em comparação aos observados aos 82 DAP (Figura 3B). Vale salientar que a condutância aos 220 DAP pode ter sido reduzida pelo fato de as plantas avaliadas serem provenientes da rebrota do primeiro corte da cultura (120 DAP), e também devido ao efeito acumulativo dos sais no

solo. Após 85 dias do primeiro corte há redução acentuada tanto na produção de matéria seca, como na concentração de proteína bruta desta matéria seca (ALENCAR & GUSS, 2016).

Com menor área fotossinteticamente ativa, conseqüentemente haverá reduções na condutância estomática e nas trocas gasosas de *Clitória ternatea* L. O déficit hídrico durante os períodos de veranicos também ocasionou uma redução significativa na condutância estomática no estudo de Cavalcante et al. (2022) na cultura do milho suplementado com águas salobra (4,5 dS m⁻¹) em diferentes cenários hídricos e datas de amostragem.

A concentração interna de CO₂ foi maior nas plantas de cunhã que receberam suplementação com água salobra (Figura 3C), a redução na Ci pode estar associada a redução da abertura estomática, que limita o influxo de CO₂ durante o processo fotossintético (RAHNAMA et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2022), diminuindo a capacidade de assimilação líquida de carbono das plantas de cunhã. Similarmente a condutância estomática, a concentração interna de CO₂ sofreu reduções 31,11% aos 220 DAP em comparação aos observados aos 82 DAP (Figura 3D), que pode ser atribuído ao fato das plantas avaliadas aos 220 DAS serem provenientes da rebrota do primeiro corte da cultura.

Cavalcante et al. (2022) notaram o aumento da taxa de assimilação de CO₂ do milho suplementado com água salobra em diferentes datas de amostragem (27, 47, 49, 56, 60 e 67 dias após o plantio). Oliveira et al. (2020) observaram incrementos numéricos na concentração interna de CO₂ do algodoeiro suplementado com águas residuárias, no entanto não foi evidenciado efeito significativo estatisticamente para essa variável no presente estudo.

CONCLUSÕES

A irrigação suplementar com água salobra de 4,6 dS m⁻¹ atenuou os efeitos do estresse hídrico sobre a fotossíntese líquida (aos 220 dias após o plantio), transpiração (aos 82 e 220 dias após o plantio), condutância estomática e concentração interna de CO₂ das plantas de cunhã, sendo benéfica as trocas gasosas foliares dessa cultura. Os sistemas consorciados com a palma forrageira propiciaram maiores taxas fotossintéticas a *Clitória ternatea* L.

AGRADECIMENTOS

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 a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, J. A. DE; GUSS, A. Efeito do intervalo de corte sobre a produção de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) em Cunhã (*Clitoria ternatea*, L.). **Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária**, Vitória-ES, 2016.

CAVALCANTE, E. S.; et al. Supplemental Irrigation with Brackish Water Improves Carbon Assimilation and Water Use Efficiency in Maize under Tropical Dryland Conditions. **Agriculture**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 544, 2022. MDPI AG.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017. **Perfil básico municipal de General Sampaio, CE: Governo do Estado do Ceará, 2017**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/General_Sampaio_2017.pdf>. Acesso em: jul. 2023.

JARDIM, A. M. DA R. F.; et al. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal Of Arid Environments**, [S.L.], v. 188, p. 104464, 2021. Elsevier BV.

LIMA, L. R., et al. Growth, water use and efficiency of forage cactus sorghum intercropping under different water depths. **Rev. Bras. Eng. Agrícola Ambient**. v. 22, p. 113–118. 2018.

LIU, X.; et al. Relationships among light distribution, radiation use efficiency and land equivalent ratio in maize-soybean strip intercropping. **Field Crops Research**, [S.L.], v. 224, p. 91-101, 2018. Elsevier BV.

MONTEZANO, E. M.; PEIL, R. M. N. Sistema de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 12, p. 129-132. 2006.

MISTURA, C.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA, T. C DE; VIEIRA, P. A. S.; LIMA, A. R DOS S.; OLIVEIRA, F. A. DE; DOURADO, D. L.; SILVA, R. M. DA. Adubação orgânica no cultivo da Cunhã na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 581-594, 2010.

OLIVEIRA, A. C; et al. Influência da irrigação suplementar com águas residuárias sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. **Irriga**, v. 25, p. 677–682, 2020.

RAHNAMA, A.; JAMES, R. A.; POUSTINI, K.; MUNNS, R. Condutância estomática como uma tela para tolerância ao estresse osmótico em trigo duro crescendo em solo salino. **Função Plant Biol**. v. 7, p. 255–269. 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software xersion 7.7 and its use in theanalysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p.3733-3740, 2016.