

FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

JOSÉ ALBERTO CALADO WANDERLEY¹; CARLOS ALBERTO VIEIRA AZEVEDO²; MARCOS ERIC BARBOSA BRITO³; SILVANETE SEVERINO DA SILVA⁴; FRANCISCO CÁSSIO GOMES ALVINO⁵ E PEDRO DANTAS FERNANDES⁶

¹Doutor em Engenharia Agrícola, UAEA/ Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, bairro Universitário, 58429900, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba, Brasil, alberto_agronomo@hotmail.com

²Engenheiro Agrícola, Prof. PhD, UAEA/Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, bairro Universitário, 58429900, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba, Brasil, cvieiradeazevedo@gmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Universidade Federal de Sergipe, Av. Gov. Marcelo Déda, 300 – São José, Lagarto, 49400000, Centro de Ciências Agrárias do Sertão/Núcleo de Graduação em Agronomia, Nossa senhora da Glória, Sergipe, Brasil, marcoseric@ufs.br

⁴Mestre em Engenharia Agrícola, UAEA/Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, bairro Universitário, 58429900, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba, Brasil, Silvanete.h@hotmail.com

⁵Doutorando, DEA/UFV/Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570900, Campus Universitário, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, cassioalvino@hotmail.com

⁶Engenheiro Agrônomo Prof. PhD, PRPG/UEPB/Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Universitário da UEPB, Rua Aprígio Veloso, 882, bairro Universitário, 58429900, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba, Brasil pedrodantasfernandes@gmail.com

1 RESUMO

Objetivou-se identificar alterações nas trocas gasosas, no potencial osmótico, danos celulares e componentes de produção do girassol cultivado sob técnicas de captação de água “*in situ*” e adubação orgânica. O experimento foi conduzido sob condições de campo em área localizada na UFCG, campus de Pombal-PB. Os tratamentos resultaram de um fatorial 4 x 5, relativos a quatro sistemas de cultivo: camalhão, sulco, bacias e plantio convencional, constituindo-se em técnica de cultivo, e cinco doses de esterco bovino 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 L m⁻², distribuídos em seis blocos casualizados, estudou-se as variáveis de trocas gasosas, potencial osmótico foliar, danos a membrana celular e os componentes de produção da cultura. Verificou-se aumento linear da fotossíntese e condutância estomática em função do aumento das doses de esterco; As trocas gasosas das plantas de girassol não foram afetadas pelos efeitos isolados das técnicas de cultivo com água e doses de esterco, exceto a variável transpiração. O aumento das quantidades de esterco no solo diminui o potencial osmótico do suco foliar e o aumento de extravasamento de eletrólitos em plantas de girassol. A maior produção de aquênios foram de 1,990 e 1,918 t.ha⁻¹ respectivamente obtidas nos camalhões e com aplicação de esterco de 10 L.m⁻²

Palavras-chave: Camalhões, fotossíntese e potencial osmótico, rendimento.

WANDERLEY, J. A. C.; AZEVEDO, C. A. V.; BRITO, M. E. B.; SILVA, S. S. da;
ALVINO, F. C. G. E FERNANDES, P. D.
SUNFLOWER PHYSIOLOGY AND PRODUCTION UNDER ORGANIC
CULTIVATION AND FERTILIZATION SYSTEMS

2 ABSTRACT

The objective of this study was to identify changes in gas exchanges, osmotic potential, cellular damages and components of sunflower production under in situ water catchment techniques and organic fertilization. The experiment was conducted under field conditions in area located in UFCG, Pombal-PB campus. The treatments resulted in a factorial 4 x 5, covering four cultivation systems: ridge, furrow, basins and conventional planting, with five doses of bovine manure 0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10 L m⁻², distributed in six randomized blocks. Gas exchanges, foliar osmotic potential, damages to cell membrane and components of production were studied. There was a linear increase in photosynthesis and stomatal conductance as a function of the increase of manure doses. Sunflower plant gas exchanges were not affected by the isolated effects of the cultivation techniques with water and manure doses, except for the transpiration variable. The increase of soil manure in the soil reduces the osmotic potential of leaf juice and the increase of extravasation of electrolytes in sunflower plants. The highest production of achenes was 1.990 and 1.918 t.ha⁻¹, obtained respectively from ridges and with application of manure of 10 L.m⁻²

Keywords: Ridges, photosynthesis and osmotic potential, yield.

3 INTRODUÇÃO

A exploração comercial da cultura do girassol (*Helianthus annuus L.*) gira em torno da qualidade do óleo extraído dos aquênios, com destaque entre as mais importantes espécies fornecedoras de óleo do mundo (JESUS et al., 2011; SILVA et al., 2013). Este, empregado na produção de óleos comestíveis e por atender a uma promissora fonte de produção para o biodiesel.

Esta espécie apresenta capacidade de adaptação a diversos ambientes, podendo tolerar altas e baixas temperaturas e estresse hídrico (DUTRA et al., 2012; SILVA et al., 2013) por outro lado, seu desempenho agrônomo é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (OLIVEIRA et al., 2011) o que confere, a esta cultura, características agrônomicas importantes podendo ser cultivadas em diversos

sistemas de produção (DUTRA et al., 2012).

Embora tenha tal capacidade, a produtividade do girassol no Brasil está estimada em 1,5 t ha⁻¹ no ano de 2016 (IBGE, 2016) o que é considerada baixa para o potencial de produção da cultura, que pode chegar a 2,8 t ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2012; CARVALHO et al., 2015) o que é relativo ao baixo uso de tecnologia, notadamente àquelas que possam diminuir o estresse hídrico natural que ocorre nos sistemas de produção.

Técnicas com material orgânico pode favorecer a conservação da água, visto que, o uso de resíduos orgânicos nas plantações, consegue-se, ao longo de alguns anos, a diminuição na aplicação de adubos minerais melhorando a qualidade do solo os quais atuam também como condicionadores do solo, porém ainda há necessidade de obtenção de informações científicas quanto

ao benefício no uso de esterco (FERNANDES et al., 2012).

Vários índices fisiológicos estão relacionados ao uso da água pelas plantas, dentre eles a fotossíntese e a condutância estomática (ROZA, 2010). Outros parâmetros comumente utilizados para se estudar o funcionamento do aparato fotossintético do girassol em condições de estresse hídrico, são os pigmentos fotossintetizantes (CARNEIRO, 2011).

Neste contexto objetivou-se estudar índices fisiológicos e componentes de produção do girassol em função de técnicas de cultivo e adubação orgânica visando identificar tecnologias de produção agrícola para a região, com limitações hídricas.

O experimento foi conduzido em condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, Paraíba – PB, localizado sob as coordenadas geográficas de 6°48'16" de latitude S, 37°49'15" de longitude W e altitude de 144 m. Segundo Köppen, o clima predominante da região é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, com período de chuvas irregulares entre fevereiro e junho, precipitação média de 750 mm e evapotranspiração média anual de 2000 mm. O solo da área experimental foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO com textura areia franca, cujas características estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizados nos diferentes tratamentos.

C.E. dS m ⁻¹	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ⁻²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ Al ³⁺
0,15	6,36	5,43	0,44	3,34	1,66	0,06	0,00	1,07
SB	CTC	V	PST	N	Areia	Silte	Argila	Classe
cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	0,91	0,04	80	14,06	5,49	Areia franca
	Tensão (atm)	Água Disponível (%)	Densidade g.cm ⁻³			Solo g.cm ³	Partícula	
	0,1	0,33	1,0			1,48	2,64	

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG, Campina Grande –PB

4 MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, com tratamentos arranjados em esquema fatorial (4 x 5), com seis repetições, em que o primeiro fator se refere às técnicas de captação de água, correspondendo aos sulcos (TS), camalhões (TC), bacias (TB) e plantio convencional (PC) (testemunha), no segundo fator estudou-se cinco doses de

esterco bovino (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 L m⁻²), repetidos em seis blocos, totalizando, assim, 120 parcelas experimentais, dotada de uma área de 6m². As parcelas foram formadas de seis linhas de 2m, sendo considerada como área útil as quatro plantas centrais da parcela ocupando 2 m².

As estruturas de cultivo foram preparadas após aração na camada de 0 a 30 cm, com uso de uma enxada, quando se

confeccionou os camalhões em uma altura de 40 cm, o solo utilizado foi proveniente da abertura dos sulcos, que intercalaram os camalhões espaçados a 1 m distância um dos outros. As bacias foram preparadas com formato quadrada, com uma área de 1 m² cada, para formação das bordas puxou-se solo do centro da bacia.

Com a confecção das estruturas para captação de água, procedeu-se a distribuição do esterco, cujas características estão dispostas na Tabela 2, na linha de plantio conforme as quantidades estudadas, incorporando-os a uma profundidade de 20 cm, após estes procedimentos, conservou-se a área em repouso por trinta dias.

Tabela 2. Características físico-químicas do esterco bovino. Pombal, PB, 2012

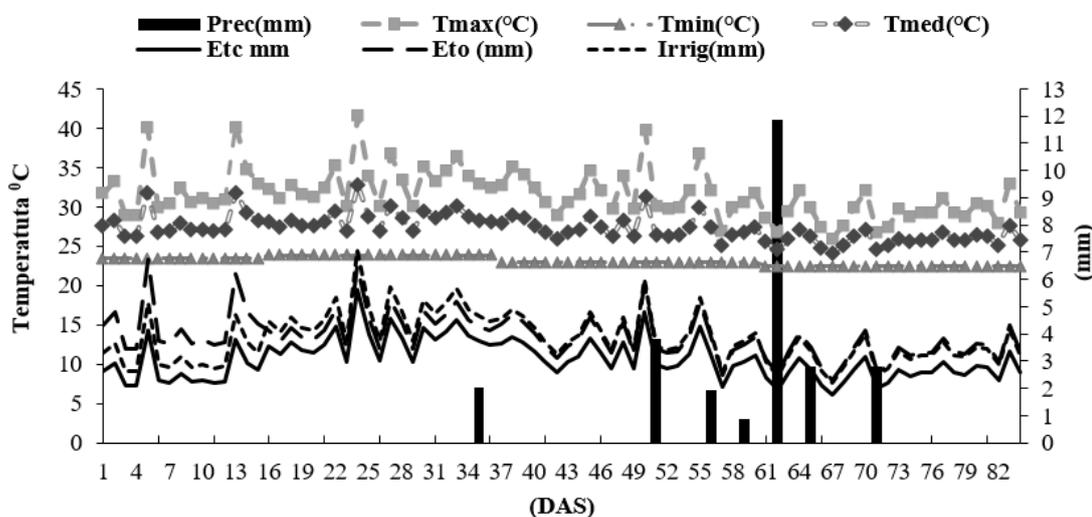
C.E. dS m ⁻¹	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ⁻²	Mg ⁺²	Na ⁺	H ⁺ Al ³⁺
1,84	7,98	15	22,12	2,9	3,8	10,87	0,00
SB cmol _c dm ⁻³	PST %	M.O. g kg ⁻¹	Dg g cm ⁻³	Dp	Porosidade %		
39,69	27,38	38	0,46	1,54	70		

Fonte: Laboratório de solo e nutrição de plantas, CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2012

Realizou-se a semeadura direta do girassol no dia 25 de abril de 2012, usou-se sementes da variedade EMBRAPA 122, na razão de três por cova, em um espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, quinze dias após a semeadura, realizou-se o desbaste deixando uma planta em cada cova, promovendo uma densidade de 4 plantas em cada m², ou 40.000 ha⁻¹. Diariamente, às 9:00 horas, usando-se o

aparelho portátil THAL-300 Termo-higrômetro, luxímetro e anemômetro digital, foram medidas, à 2 m de altura, as temperaturas máxima, mínima e média do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, para o monitoramento das precipitações foi instalado um pluviômetro a 2 m de altura na área, estando os dados dispostos na Figura 1.

Figura 1. Fatores climáticos e manejo da irrigação de salvação, durante 85 dias de condução do experimento: Temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), evapotranspiração de referência (ETo)(mm), evapotranspiração real (ETc)(mm), lâmina de irrigação (Li) (mm), Pluviosidade (P)(mm), Pombal, PB.

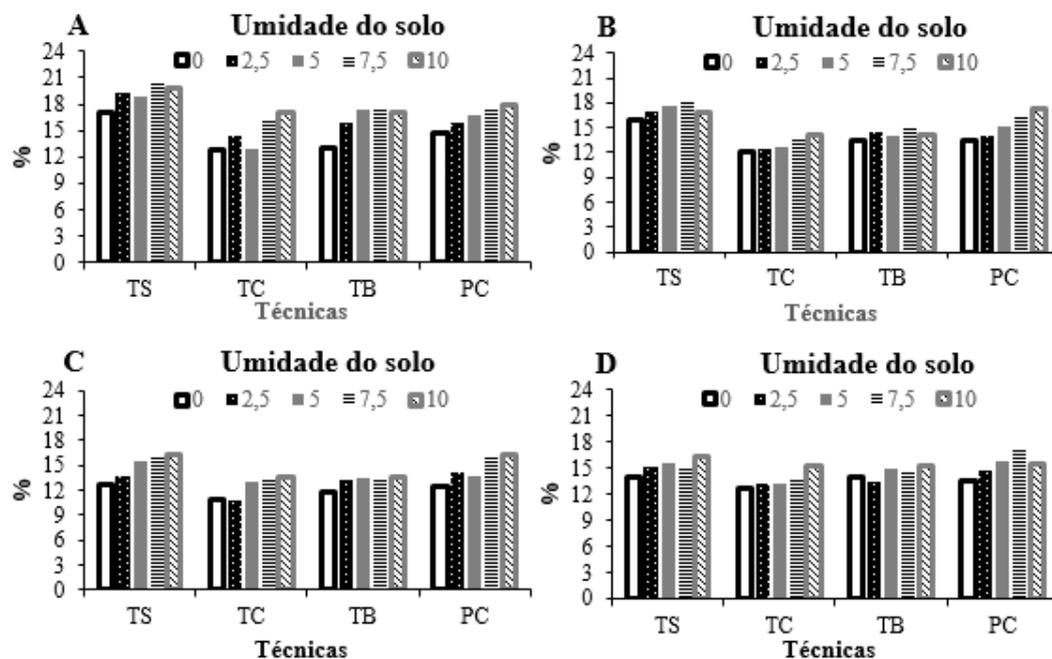


As irrigações foram realizadas por meio de sistema de irrigação por aspersão convencional, cuja lâmina aplicada foi referente a evapotranspiração de referência (ETo), obtida pelo método proposto por Hargreaves e Samani (1985) conforme procedimentos contidos em Mantovani et al. (2009), obtendo-se lâminas iguais a evapotranspiração de referência da cultura (ETc) pelo produto entre a (ETo) e o coeficiente de cultivo (Kc), conforme Acosta (2009), para cada fase da cultura.

Para o monitoramento da umidade do solo, foram instalados 60 tensiômetros com manômetros de mercúrio, a 20 cm de profundidade, cada aparelho respondeu por duas parcelas de tratamentos similares, a

leituras, em centímetros de coluna d'água (cca) foram aplicadas na equação da curva característica do solo, construída a partir dos dados da curva característica de umidade do solo, disposto na Figura 2. A partir do monitoramento, verificou-se a umidade média em base de volume nas quatro fases fenológicas da cultura do girassol. O maior conteúdo de umidade foi observado nos sulcos, com valores médios de 19,05%, 17,11%, 14,89% e 15,25 %, observados nas respectivas fases da cultura (Figura 2), nos camalhões foram obtidos os menores volumes de umidade com valores médios de 14,62%, 13,03%, 12,36% e 13,63%.

Figura 2. Umidade média (% de volume) do solo em função das doses esterco bovino (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 L m⁻²) nas Técnicas de Captação de Água in situ, Sulco (TS), Camalhão (TC), Bacia (TB) e Plantio Convencional (PC), em cada Fase fenológica, Fase I (A), Fase II (B), Fase III (C) e Fase IV (D), cultura do Girassol, Pombal, PB.



Procederam-se durante a condução do experimento, sempre que necessário, os tratos culturais e o controle fitossanitário. Aos trinta dias após a semeadura (DAS), com uso de medidor de trocas gasosas, IRGA (Analisador de gases na Faixa Infravermelho), determinou-se as seguintes variáveis: Concentração interna de CO₂ (C_i), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), Fotossíntese (*A*); a partir destes dados, calculou-se a Eficiência intrínseca no uso da água (EUA) e eficiência intrínseca da carboxilação (EIC_i) (*A/C_i*) (BRITO et al., 2012; SILVA et al., 2013).

Aos 60 (DAS) determinou-se o potencial osmótico foliar (ψ_s), na

$$\psi_s \text{ (MPa)} = - C \text{ (mOsmol/kg)} \times 2.58 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Em que: ψ_s (MPa)= Potencial osmótico e - C= osmolalidade da amostra encontrada na leitura do osmômetro.

Os danos à membrana celular foram determinados por meio do extravasamento

quantificação usou-se o método crioscópico, ou ponto de congelamento do sulco celular, obtido através da prensagem de cinco folhas, as amostras foram colocadas em tubos para uma centrifugação a 10000 rpm durante 10 minutos, o ponto de congelamento das amostras foi determinado através da leitura de alíquotas de 5 ml em osmômetro microprocessador (PZL 1000) encontrando-se dessa forma a osmolalidade da amostra em mOsm kg⁻¹ H₂O sendo convertido em MPa (Mega pascal) de acordo com BAGATTA; PACIFICO; MANDOLINO, 2008) através da equação 1.

de eletrólitos (BAJJI; KINET; LUTTS, 2001). Coletou-se, aos 60 DAS, oito discos

foliares, que foram lavados imediatamente com água destilada, visando à retirada do conteúdo das células rompidas durante a remoção e de outros eletrólitos aderidos aos folíolos. Após a lavagem os discos foram secados em papel absorvente e colocados em beckers contendo 25 ml de água destilada a 25°C, por 4 horas, após este período com condutivímetro

(Condutivímetro bancada mCA 150) a condutividade elétrica inicial foi medida (C1) e os beckers com os discos foram colocados em estufa a 90°C, por 2 horas, em seguida, o equilíbrio da temperatura, a condutividade elétrica máxima, foi medida (C2) e o extravasamento de eletrólitos (E) calculado através da equação 2.

$$E = (C1/C2) \times 100 \quad (2)$$

Por ocasião da colheita, aos 85 dias após a semeadura, quantificou-se as variáveis relacionadas à produção de aquênios, onde foram determinados: diâmetro do capítulo (Diam Cap) e a produção de aquênios (PA), em que a umidade foi determinada em 6%.

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variâncias, em caso de efeito significativo em função das técnicas, procedeu-se o teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), para o fator esterco e interações as regressões polinomiais (linear e quadrática), com base em metodologia contida em (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância para os valores das trocas gasosas aos 30 DAS (Tabela 3), as variáveis Ci, EUA e EICi não foram influenciadas pelas fontes de variações estudadas, havendo efeito significativo ($p < 0,01$) da interação sobre as variáveis fotossíntese (A) e condutância estomática (gs), todavia, ocorreu diferença ($p < 0,01$) nos valores da transpiração (E) por meio o efeito ocasionado entre as técnicas de captação de água.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO_2 (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] medida aos 30 dias em função das técnicas de captação de água *in situ* com níveis de esterco para a cultura do Girassol, Pombal, PB.

F.V	GL	Quadrados Médios					
		A	E	gs	Ci	EUA	EICi
Técnicas (T)	3	7,2305 ^{ns}	1,0956 ^{**}	0,0106 ^{ns}	535,2750 ^{ns}	0,8393 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Esterco (E)	4	5,1686 ^{ns}	0,4402 ^{ns}	0,0155 ^{ns}	488,7208 ^{ns}	1,25702 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Linear	1	1,876 ^{ns}	0,871 ^{ns}	0,061 ^{ns}	1292,741 ^{ns}	2,465 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Quadrática	1	18,085 ^{ns}	0,231 ^{ns}	0,003 ^{ns}	600,002 ^{ns}	1,414 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Desv	2	0,356	0,329	0,004	31,0880	0,573	0,002
Bloco	5	39,009	1,191	0,191	1147,508	5,542	0,003
TxE	12	12,517 ^{**}	0,175 ^{ns}	0,021 ^{**}	425,615 ^{ns}	0,691 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Resíduo	95	4,733	0,186	0,0064	335,367	0,526	0,005
CV %		7,94	8,58	14,25	9,64	13,23	15,66
Média		27,4033	5,0614	0,5645	189,8916	5,483	0,1464

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$.

Os resultados comprovam a importância da água na produção das culturas, sobretudo para as culturas exploradas no semiárido do Brasil, as técnicas usadas proporcionaram condições diferenciadas de umidade no solo (Figura 2) e, assim, influenciou no comportamento das trocas gasosas nas plantas de girassol.

Verifica-se, na Figura 3, que as técnicas apresentaram comportamento diferenciado em função das doses de esterco estudadas, quando se mensurou a fotossíntese aos 30 DAS, o desdobramento da interação indicou efeito significativo para os camalhões e preparo convencional do solo (Figura 3A), todavia, quando as plantas cultivadas nos camalhões foram analisadas, as quantidades de esterco proporcionaram aumento significativo na fotossíntese, de forma linear positiva, as plantas que receberam o esterco na dose 10 L m^{-2} , apresentaram taxa fotossintética média, de $28,036 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, gerando um incremento na ordem de 8,68 % em relação às plantas que não receberam tratamento com esterco, apesar do camalhão

se constituir na técnica que menos conservou água no solo (Figura 2), quando comparado com as demais, contudo, o crescimento linear da fotossíntese em função do aumento do esterco observado nesta técnica pode estar relacionado ao advento do esterco que proporcionou acréscimo no suprimento de água no solo (Figura 2).

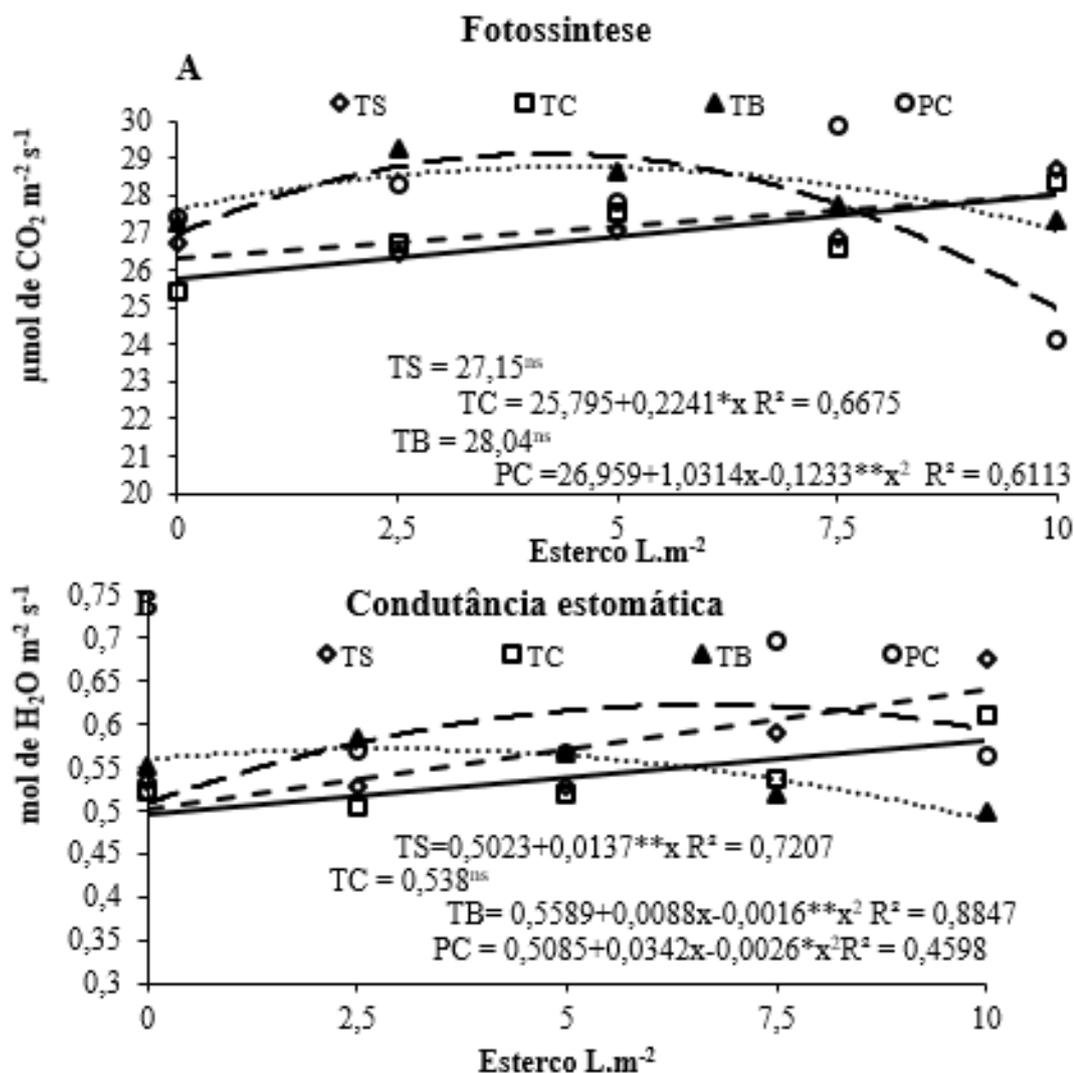
Este fato pode ser explicado pela influência da disponibilidade hídrica no solo aumentando a condutância estomática (Figura 3B), devido, possivelmente, à manutenção do potencial hídrico foliar e, conseqüentemente, a turgescência das células guardas (MARENCO; LOPES, 2009; CARNEIRO, 2011). Desta forma, os estômatos permanecendo abertos por períodos mais longos captando mais CO_2 e elevando as taxas de assimilação de CO_2 (TAIZ; ZEIGER 2013; LARCHER, 2000; MARENCO; LOPES, 2009; CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

A fotossíntese em plantas cultivadas na linha de plantio convencional, o modelo de regressão quadrático, foi o de melhor

ajuste aos resultados, sendo significativo, extraindo a derivada da equação tem-se uma taxa de assimilação de CO₂ de 29,11 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹, obtida para a quantidade ótima de esterco que foi estimada em 4,18 L m⁻², representa um acréscimo de 7,97%

em comparação aos resultados oriundos na ausência de esterco, ocorrendo decréscimo de 16,75% nas plantas que receberam a maior concentração de esterco em relação à dose ótima estimada (Figura 3A).

Figura 3. Desdobramento para as variáveis: Fotossíntese (A) e Condutância estomática (B) por meio da análise de regressão, após o aos 30 DAS, para os níveis de esterco estudados dentro de cada técnica de captação de água sulcos (TS), camalhões (TC), bacias (TB) e plantio convencional(PC), cultura do girassol, Pombal, PB.



Esses resultados podem ser explicados com base na hipótese, aplicando maiores doses de esterco foram liberados sais pelo esterco, diminuindo o potencial hídrico do solo, através do efeito osmótico aliado, aparentemente, a pouca drenagem

nesta técnica (bacia e plantio convencional). Oliveira et al. (2009) e Pereira et al. (2008) estudando doses de esterco bovino no desenvolvimento das culturas, constataram decréscimo nos valores de algumas variáveis a partir das maiores quantidades do fertilizante testadas.

Assim o mecanismo estomático influenciou diretamente na taxa de assimilação de CO₂ observada na presente investigação, quando os dados de condutância estomática foram analisados (Figura 3B), fica evidenciado que os valores de fotossíntese seguem tendência em resposta à condutância estomática quanto às alterações das técnicas pelo efeito do esterco. Observa-se na figura 3B, o desdobramento do efeito da interação nos valores de condutância estomática, em que a interação só não foi significativa para os efeitos do esterco aplicado na linha de plantio dos camalhões.

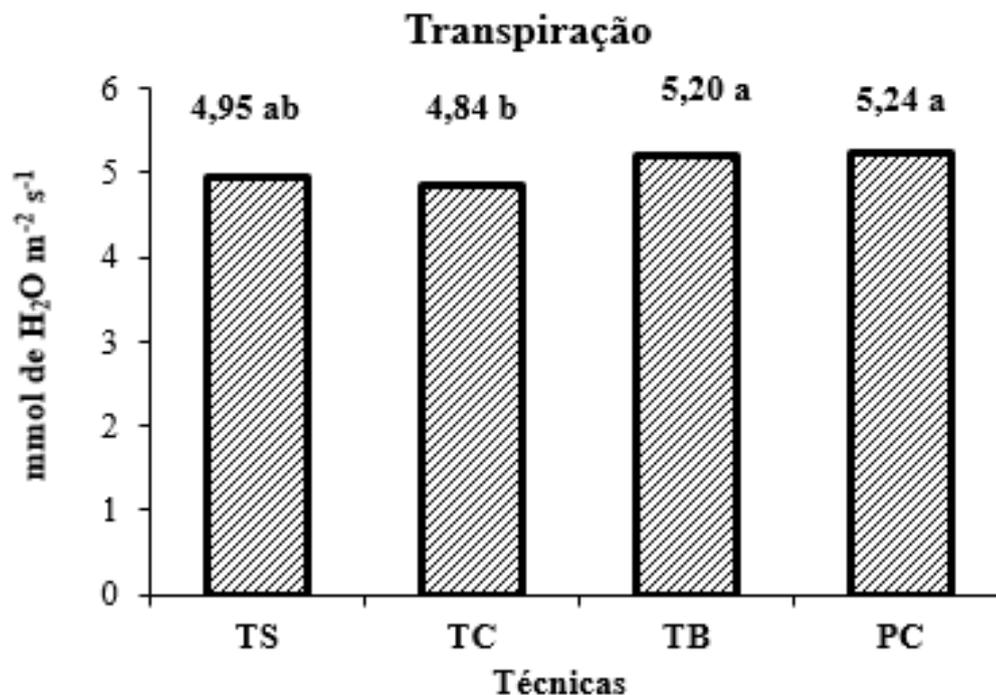
As plantas avaliadas no sulco, responderam linearmente positivo às doses de esterco, a dose de 10 L m⁻² proporcionou uma média de 0,639 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, que resultou em um incremento de 27,24% quando analisado em função das plantas que não receberam esterco nessa técnica de conservação de água. Nas bacias e no plantio convencional o modelo de regressão de melhor ajuste foi o quadrático, sendo os valores para condutância estomática estimados em 0,571 e 0,620 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, em função das doses de esterco de 2,75 e 6,57 L m⁻², com incrementos na condutância estomática de 2,16 e 21,92%, respectivamente para as bacias e no plantio convencional, havendo, porém, um decréscimo de 17,24 e 5% quando a condutância estomática foi mensurada na maior dose de esterco estudada.

O mecanismo de abertura e o fechamento dos estômatos se baseiam no grau de turgescência das células-guarda, em folhas com estresse leve, os estômatos tendem a permanecer abertos, já em condição severa de estresse hídrico causará o fechamento devido à difusão do Ácido Abscísico para as células-guarda. Contudo, a retomada da umidade do solo não leva a uma rápida abertura dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2009).

Portanto, fica evidenciado que a variação na umidade observada na figura 2, em função das técnicas não proporcionou efeitos significativo na variável condutância estomática e, conseqüentemente, na assimilação líquida de CO₂, sendo alterada em nível de interação dos fatores. Silva et al. (2013) estudando as trocas gasosas em plantas de girassol submetidas ao estresse hídrico, constataram que as trocas gasosas não foram afetadas significativamente, quando estudaram as lâminas de irrigação aplicadas entre 50 e 100% da evapotranspiração de referência.

Quanto à transpiração, as plantas cultivadas nas bacias e no sistema convencional, perderam um maior volume de água (Figura 4), atingindo os valores médios de 5,203 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ em ambos os tratamentos, sem sofrerem interferência das doses de esterco estudadas, entretanto, nas plantas cultivadas em camalhões observaram-se as menores taxas de transpiração.

Figura 4. Transpiração aos 30 DAS em função das técnicas de captação de água, sulcos (TS), camalhões (TC), bacias (TB) e plantio convencional (PC), Pombal, PB



Resultados equivalentes foram encontrados por Roza (2010), que constatou redução na taxa de transpiração em plantas de pinhão manso, em função do estresse hídrico. Conforme Nogueira, Moraes e Burity (2001), a diminuição da umidade no solo tem diversos efeitos nos processos fisiológicos das plantas, aumentando em geral, a resistência estomática, reduzindo a transpiração e, em contrapartida, o suprimento de CO_2 para a realização do processo de fotossíntese.

A análise de variância indicou (Tabela 4) que as técnicas de captação de

água e as doses de esterco promoveram efeitos significativo, de forma isolada sobre as variáveis, extravasamento de eletrólitos, diâmetro de capítulo e a produção de aquênios, sendo o potencial osmótico alterado significativamente pelo efeito das doses de esterco. A produção (diâmetro de capítulo, produção de aquênios) não foi influenciada pela interação entre as técnicas de captação de água e os níveis de adubação orgânica, sendo que, isoladamente os tratamentos exerceram influência significativa em nível de ($p < 0,01$).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis, Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa), Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 dias após a semeadura (DAS), e Diâmetro de Capítulo (Diam Cap) (cm) e Produção de aquênios (PA) (kg m^{-2}) aos 85 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água com níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal-PB

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		PO	EXTR	DCp	PA
		(Ψ_s) MPa	(%)	(cm)	(Kg m^{-2})
Técnicas (T)	3	0,0219 ^{ns}	112,64142*	9,6338**	0,0106**
Esterco (E)	4	0,29399**	186,35765**	13,6532**	0,006*
Linear	1	1,0627**	735,13885**	38,8412**	0,0182**
Quadrática	1	0,0672 ^{ns}	0,01397*	15,2789**	0,0062*
Desv.	2	0,0230	5,1389	0,2463	32,9417
Bloco	5	0,2257	25,8523	5,5805	0,00053
TxE	12	0,0136 ^{ns}	16,19884 ^{ns}	1,3021 ^{ns}	0,0019 ^{ns}
Resíduo	95	0,0283	29,8879	1,5927	0,0014
CV %		13,32	20,70	9,46	21,69
Média		1,2633	26,4112	13,3443	0,1742

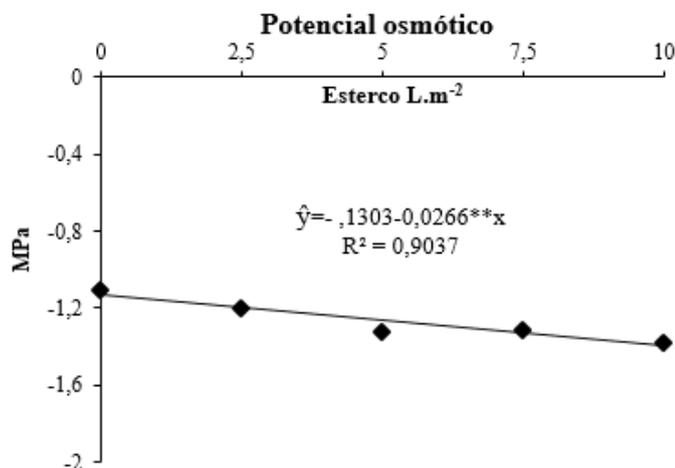
* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$

Conforme se observa na Figura 5, o potencial osmótico (Ψ_s) das folhas de girassol diminui linearmente com o aumento do esterco no solo, o modelo linear ajustado aos dados apresenta redução em 4,24%, em função do incremento unitário das doses de esterco, no tratamento de 10 L m^{-2} , os valores de potencial osmótico chegaram as Ψ_s -1,39 e -1,130 Mpa quando não se aplicou o esterco, proporcionando uma variação de -0,26 Mpa. Sugere-se que, possivelmente, este tipo de comportamento, pode estar relacionado aos sais liberados pelo esterco, proporcionando aumento da concentração salina na solução do solo, induzindo a planta ao ajustamento osmótico

(PIMENTEL, 1998; ROZA, 2010), formando potenciais hídricos mais baixos, o que permite as plantas continuarem a crescerem e facilitar a manutenção da abertura estomática durante mais tempo (DIAS, 2008; COELHO, 2012).

Conforme Taiz e Zeiger (2013), o ajustamento osmótico ocorre em função do aumento da concentração de uma variedade de solutos comuns, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons inorgânicos, especialmente o K^+ , atuando na regulação do potencial osmótico celular e muito importante no balanço das cargas negativas dos ácidos orgânicos dentro das células e no balanço dos ânions absorvidos pelas raízes (BERNARDI et al., 2008).

Figura 5. Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa) aos 60 DAS em função das doses de esterco, Cultura do Girassol, Pombal, PB.

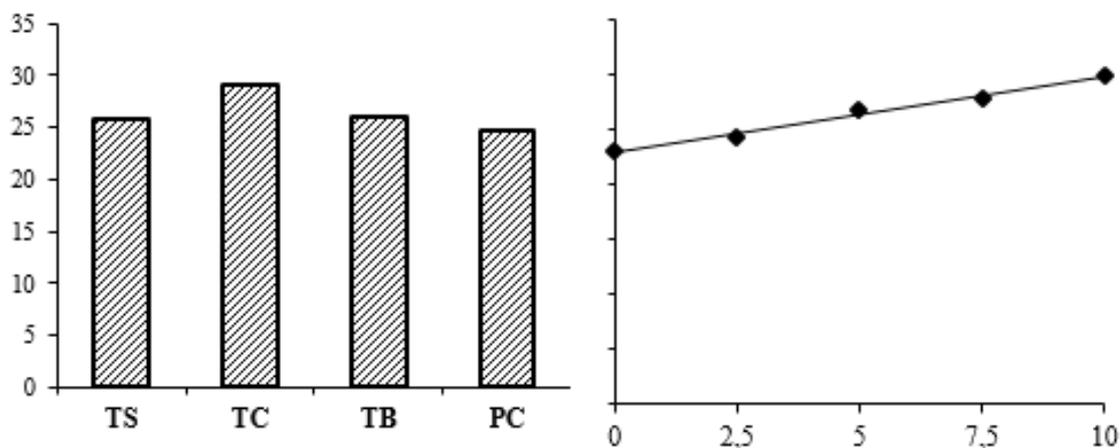


As plantas cultivadas nos camalhões apresentaram maiores danos à membrana celular (Figura 6A), em decorrência da menor disponibilidade hídrica (Figura 2), observada neste tratamento para todas as fases da cultura, assim, como reporta Roza (2010), danos em membranas a nível foliar podem ser um dos primeiros sinais ao estresse. Segundo Carvalho (2010), maiores extravasamentos ocorrem devido às limitações na fotossíntese imposta pelo déficit hídrico intenso que resulta no rompimento da membrana celular, em decorrência da formação de radicais de oxigênio reativos, como o peróxido de hidrogênio e o radical da hidroxila.

Constatou-se, também, que as doses de esterco provocaram efeito, aumentando

o extravasamento de eletrólitos (Figura 6B), as plantas que cresceram em função da maior quantidade de esterco aumentaram a permeabilidade da membrana celular em 32,7% quando comparadas com as plantas que não foram adubadas com o fertilizante. Considerando o que foi sugerido para o efeito do esterco diante do potencial osmótico foliar (Figura 6A), o aumento do esterco pode ter condicionado a planta a certo nível de estresse por sais, que, segundo Ben-amor et al. (2006), o aumento na fluidez da membrana celular ocorre em função das injúrias provocadas com o estresse salino, corroborando com Souza (2012), quando estudou o efeito de sais na água de irrigação e níveis de nitrogênio na formação de mudas de pinhão manso.

Figura 6. Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 DAS em função das técnicas de captação de água, sulcos (TS), camalhões (TC), bacias (TB) e plantio convencional (PC) (A) e doses esterco estudados (B), Cultura do Girassol, Pombal, PB.



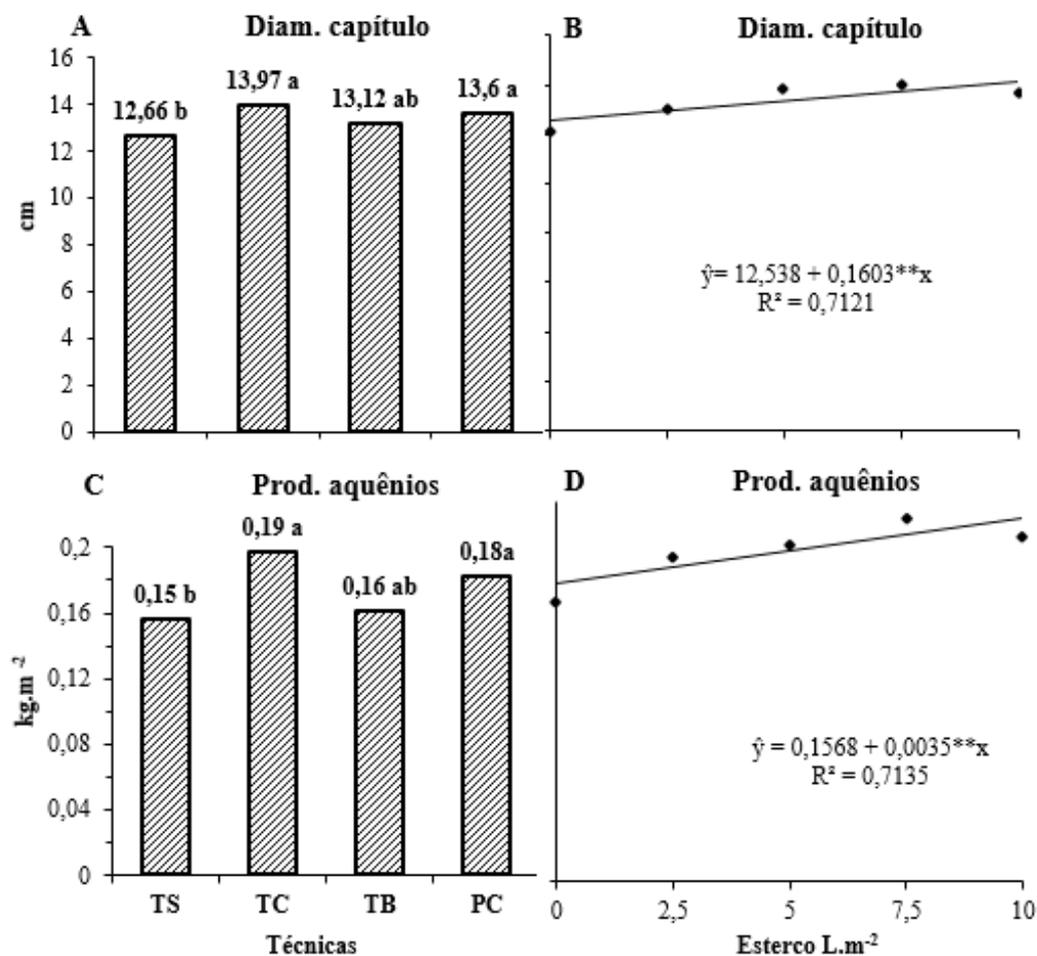
Dentre as técnicas de captação de água utilizada os melhores resultados para as variáveis, diâmetro de capítulo e produção de aquênios (figura 7 A, C) foram obtidos com o camalhão. As plantas cultivadas nos camalhões produziram capítulos em média com 14 cm, ocorrendo aumento de 10% em relação às plantas dos sulcos, porém nas bacias e no plantio convencional foram semelhantes estatisticamente aos camalhões, no entanto, o último superior numericamente.

Silva et al. (2011) observaram neste genótipo de girassol (EMBRAPA 122-v2000), constataram que o diâmetro de capítulo aumentou linearmente com o aumento da lâmina de irrigação, obtendo o valor de 18,28 cm para os tratamentos de 150% da evapotranspiração. As plantas cultivadas nos camalhões produziram, em média, 0,199 kg m⁻², extrapolando para uma área de um hectare, a produtividade seria de 1.990 kg ha⁻¹. Verificou-se ainda que os resultados alcançados se mantiveram superiores aos obtidos por Lira et al. (2010), que encontraram valores médios em

rendimento de grãos de aquênios de 1.797 kg ha⁻¹. Por outro lado, Silva et al. (2011) verificaram a produtividade em 3.948,02 kg ha⁻¹ para este genótipo sob uma irrigação de 150% da evapotranspiração.

Analisando o efeito do esterco sobre as variáveis diâmetro de capítulo e produção de aquênios (Figura 7B, D), onde os valores dessas variáveis em função das quantidades de esterco, foram ajustados ao modelo de regressão linear, observou-se incremento unitário de 7,82% no diâmetro de capítulo e 4,48% na produção de aquênio em função do aumento das doses de esterco, obtendo-se uma produção de aquênio em 1.918,0 t ha⁻¹ em função da dose de 10 L.m⁻². O presente resultado pode ser explicado com base nos relatos obtidos por Zobiole et al. (2010) ao relatarem que o enchimento dos aquênios se consolida a partir das reservas que são acumuladas nos diferentes órgãos vegetais, destacando-se as folhas, os pecíolos e o caule como as principais fontes de fotoassimilados para os capítulos e, por conseguinte, para os aquênios.

Figura 7. Diâmetro Capítulo (A) e Produção de aquênios (C) em função das técnicas de captação de água, sulcos (TS), camalhões (TC), bacias (TB) e plantio convencional(PC), Diâmetro de Capítulo (B) e Produção de aquênio (D) em função das doses de esterco, cultura do Girassol, Pombal-PB



6 CONCLUSÕES

1. As trocas gasosas das plantas de girassol aos 30 dias, não são afetadas pelos efeitos isolados das técnicas de captação de água e doses de esterco, exceto a variável transpiração.
2. As técnicas de captação de água e adubação orgânica interagem e modificam as variáveis fotossíntese e condutância estomática do girassol, nos sulcos e

camalhões apresentam melhores condições para adubação com o aumento das doses de esterco.

3. O aumento das quantidades de esterco no solo diminui o potencial osmótico do suco foliar e o aumento de extravasamento de eletrólitos em plantas de girassol.

4. A produção de aquênio é favorecida pelo cultivo em camalhão e aumento das quantidades de esterco no solo.

7 REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi – RN**. 2009. 56 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Centro de Tecnologia e Recurso Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the Osmotic Adjustment Response within the Genus Beta. **Journal of Sugar Beet Research**, Denver, v. 45 n. 3, p. 119-131, 2008
- BAJJI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regulation**, v. 5, p. 1-10, 2001
- BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. **Physiologia Plantarum**, v. 126, p. 446-457, 2006
- BERNARDI, A. C. C.; SOUZA, G. B.; OKA, S. H.; RASSINI, J. B. Equivalência de métodos na extração de potássio da parte aérea de alfafa e de capim tanzânia com água ou com solução ácida concentrada ou diluída. **Embrapa Comunicado Técnico**, São Carlos, v. 86, 2008.
- BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, p. 857-865, 2012. Suplemento.
- CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico**. 2011. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, I. R.; CARVALHO, C. G. P.; LIRA, M. A.; FERREIRA, F. M. B.; TABOSA, J. N.; RODRIGUES, C. S.; CASTRO, C. R.; MENESES, M. C.; SANTOS, M. L. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de girassol no nordeste brasileiro. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 14, p. 408-417, 2012.
- CARVALHO, L. M.; OLIVEIRA, I. R.; CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, C. G. P.; LIRA, M. A.; OLIVEIRA, T. R. A. **Comportamento de cultivares de girassol em consorciação com o feijoeiro comum no Agreste de Sergipe**. Aracaju: Embrapa, 2015. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 91).
- CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado**. 2010. 95 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Ceres, 2005. 650p

- COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados**. 2012. 71p. (Tese Doutorado Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2012.
- DIAS, L. B. **Água nas plantas**. Lavras: CEAP Desing UFLA. 2008. 53 p.
- DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S.P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012.
- FERNANDES, A. L. M.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, E.F.; LEITÃO, A. R. F. Desenvolvimento inicial do milho em função de diferentes teores de esterco bovino. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 15-18, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, Prague, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985
- IBGE. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/10LQ>>. Acesso em: 8 jan. 2017.
- JESUS, D. S.; PAIXÃO, C. L. D.; SANTOS, G. L.; PEREIRA, P. P. A.; SOUZA, O. S. Q.; AZEVEDO NETO, A. D. Crescimento e teores de NPK em genótipos de girassol sob estresse por alumínio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 19. SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 7. 2011, **Anais...** Aracaju: Embrapa Soja, 2011. p. 101-104.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.
- LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, C. G. P.; LIMA, J. M. P. Desempenho de cultivares de girassol (*helianthus annuus*. L.) no estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. **Inclusão Social e Energia: anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1700-1703.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**, 2. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. cap 4, p. 227.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 75-87. 2001

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J.F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p. 206-211, 2009

OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, C. G. P.; EMYGDIO, B. M.; GRUNVALD, A. K. Avaliação de genótipos de girassol no rio grande do sul - safras 2009/10 e 2010/11. **Embrapa Circular Técnica**, Pelotas, v. 122, p. 11, 2011.

PEREIRA, D. C.; SILVA, T. R.B.; COSTA, L.A.M. Doses de esterco bovino na cultura do girassol em consórcio com feijoeiro. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel, v.1, n.1, p.58-71, 2008.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

PRESTES, M. T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do Angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**. 2007. 51p. Dissertação Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ROZA, F. A. **Trocas gasosas foliares e crescimento de *Jatropha curcas* L. na fase reprodutiva sob estresse hídrico**. 2010. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SOUZA, J. R. M. **Formação de mudas de pinhão-manso sob níveis de nitrogênio e irrigação com águas salinas**. 2012. 65p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2012

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

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; MOREIRA, A. Curva de crescimento, estado nutricional, teor de óleo e produtividade do girassol híbrido BRS 191 cultivado no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 14, p. 55-62, 2010.