

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DO GIRASSOL IRRIGADO POR GOTEJAMENTO NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

WELSON LIMA SIMÕES¹; DANIELA SIQUEIRA COELHO²; MOISÉS ALVES SOUZA³; MARCOS ANTÔNIO DRUMOND⁴; JOSTON SIMÃO ASSIS⁵
E JAIR ANDRADE LIMA⁶

¹Eng. Agrônomo, Doutor, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, CEP 56302-970, email: welson.simoes@embrapa.br

²Eng. Agrícola e Ambiental, Doutoranda, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, CEP 52171-900, email:daniela.coelho@hotmail.com.br

³Biólogo, Mestre, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, CEP 56302-970, email: moisesalves-1989@hotmail.com

⁴Eng. Florestal, Doutor, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, CEP 56302-970, email: marcos.drumond@embrapa.br

⁵Eng. Agrônomo, Doutor, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, CEP 56302-970, email: joston.assis@embrapa.br

⁶Biólogo, Universidade de Pernambuco, Petrolina-PE, CEP 56328-903, email: jairred_@hotmail.com

1 RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação e arranjos de gotejadores nas características morfofisiológicas de variedades de girassol. O delineamento experimental foi em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 2x2x4, considerando duas variedades de girassol (Hélio 251 e Hélio 360), dois arranjos das linhas de gotejo (fileiras simples e fileiras duplas) e quatro lâminas de irrigação (75, 90, 105 e 120% da ET_c), com três repetições. Foram avaliados altura, diâmetro do caule, número de folhas, peso do capítulo, peso de mil aquênios, produtividade e respostas fisiológicas das plantas. A partir dos resultados obtidos, foi observado que, no geral, a lâmina correspondente a 100% da ET_c proporcionou as melhores respostas para o cultivo das variedades de girassol Hélio 251 e Hélio 360. Considerando a não diferença significativa entre os arranjos das linhas de gotejadores, o de fileiras duplas torna-se o mais viável para o cultivo de girassol, tendo em vista sua maior economia na instalação do sistema de irrigação. O teor de óleo dos aquênios não é influenciado pela disponibilidade de água para as plantas de girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., produtividade, trocas gasosas, teor de óleo

**SIMÕES, W. L.; COELHO, D. S.; SOUZA, M. A.; DRUMOND, M. A.; ASSIS, J. S.;
LIMA, J. A.**

**MORPHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF SUNFLOWER IRRIGATION DRIP IN
SUBMIDDLE OF THE SÃO FRANCISCO**

2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of different irrigation drip in single and double rows on morphological and physiological characteristics of sunflower varieties. The experimental design was randomized blocks in a factorial 2x2x4 considering two varieties (Hélio 251 e Hélio 360), two provisions of drip lines (single and double rows), four irrigation levels (75, 90, 105 and 120% of ET_c) and three replications. At the end of the experiment,

plant height, stem diameter, number of leaves, weight of the chapter, a thousand achenes weight, yield, and gas exchange. From the results obtained, it was observed that, in general, the blade corresponding to 100% of ET_c provided better answers in the cultivation of sunflower varieties Hélio 251 e Hélio 360. A irrigated by drip lines available in double rows is more feasible for sunflower cultivation in view of its greater savings in installation of the irrigation system and its effect is similar to that of single rows. The variety has 360 Helium oil content higher than 251 helium.

keywords: *Helianthus annuus* L., productivity, gas exchange, oil content.

3 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura que se destaca em sistemas de produção de grãos e biodiesel por apresentar diversas vantagens agrônômicas como ciclo curto, boa produtividade, elevadas qualidade e rendimento em óleo (MORAIS et al., 2011).

Considerando que essa cultura desenvolve bem em condições de baixa disponibilidade de água, a produção de girassol vem sendo explorada na região semiárida, onde comumente se observam baixas e irregulares precipitações pluviométricas (SANTOS et al., 2009). No entanto, essa cultura apresenta acréscimos significativos de produtividade, teor de óleo e massa seca quando suas necessidades hídricas são supridas, o que viabiliza a implantação de sistemas de irrigação (GOMES et al., 2012).

Dentre os sistemas de irrigação frequentemente utilizados, o gotejamento se destaca devido a suas vantagens como menores consumo de água e utilização de mão-de-obra, elevada eficiência de aplicação de água, maior adequação ao uso da fertirrigação, além de adaptar-se aos mais diversos tipos de solo, topografia e clima (BATISTA et al., 2009).

Apesar dos sistemas por gotejamento serem convencionalmente instalados em cada fileira de plantas, muitos produtores têm optado pelo plantio em fileiras duplas; pelo uso de apenas uma linha de gotejadores entre as duas fileiras de plantas, com o objetivo de reduzir os custos de instalação (MAROUELLI et al., 2003). No entanto, esse método interfere na faixa molhada, devendo ser dimensionado de forma a permitir boas disponibilidades hídricas e nutricionais para as culturas.

Nesse caso, o manejo adequado da irrigação é imprescindível, devendo ser conduzido de forma racional, para evitar situações tanto de déficit como de excesso de água (BILIBIO et al., 2010). Assim, como a escassez de água reduz a produção vegetal, o seu excesso limita a aeração, afeta a absorção de nutrientes, aumenta os riscos de doenças e possibilita a lixiviação dos nutrientes (VIANA et al., 2012), além de aumentar as despesas com energia.

A avaliação de diferentes lâminas de irrigação tem sido utilizada para determinar as necessidades hídricas de uma cultura em condições específicas de cultivo. Dentre as variáveis avaliadas, a massa de mil aquênios (VIANA et al., 2012), produtividade e teor de óleo (SILVA et al., 2007), diâmetro do caule e altura das plantas (SILVA et al., 2007; GOMES et al., 2012) tem sido comumente utilizados na avaliação do cultivo de girassol. Silva et al. (2011) definiram lâminas que proporcionaram maiores produção de aquênios e teores de óleo em diferentes variedades de girassol.

A influência da disponibilidade hídrica sobre o crescimento e desenvolvimento do girassol está relacionada com características intrínsecas dessa espécie. A baixa resistência à difusão da água pelos estômatos, por serem grandes, numerosos e densos, podem conferir uma baixa eficiência do uso da água a cultura, proporcionada pelas altas taxas de transpiração

em relação a produção de massa seca, quando a água é fornecida em abundância (MERRIEN e MILAN, 1992). Por outro lado, as trocas gasosas em folhas de girassol são afetadas sob estresse hídrico, havendo reduções significativas na condutância estomática, nas taxas de transpiração e fotossíntese (CECHIN et al., 2010), o que pode interferir diretamente no seu desenvolvimento e produtividade.

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação e arranjos de gotejadores (fileiras simples e dupla), nas características morfofisiológicas de variedades de girassol para a região do Submédio São Francisco.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área experimental da Embrapa Semiárido, localizada em Petrolina - PE (latitude: 9°09'S, longitude: 40°22'W, altitude: 365,5 m) durante o período de 01 de maio a 15 de agosto de 2012. O clima da região, segundo Köppen é do tipo BSW_h, tropical semiárido, conforme descrito por Reddy e Amorim Neto (1983). As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e abril, com precipitação média anual em torno de 400 mm, irregularmente distribuída. A temperatura média anual é de 26,5°C, variando entre 21 e 32°C, com uma evaporação média anual em torno de 2000 mm, umidade relativa do ar média anual em torno de 67,8%, com 3.000 horas de brilho solar e velocidade do vento de 2,3 m s⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 2x2x4, sendo duas variedades de girassol, dois arranjos das linhas de gotejadores e quatro lâminas de irrigação, com três repetições.

As variedades de girassol utilizadas foram Hélio 251 e Hélio 360, sendo cultivadas com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,45 m entre fileiras. Os arranjos do sistema de irrigação por gotejamento foram uma linha para cada fileira de plantas (G1) e uma linha para duas fileiras de plantas (G2), sendo o espaçamento de gotejadores determinado após teste de bulbo.

As lâminas de irrigação foram aplicadas considerando 75; 90; 105; e 120% da evapotranspiração da cultura (ET_c), em que a evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida por meio dos dados de uma estação meteorológica instalada próximo ao local de estudo, utilizando-se o método de Penman-Monteith, modificado por Allen et al. (1998), cuja expressão é descrita como:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (01)$$

sendo, Rn o saldo de radiação à superfície, em MJ m⁻²d⁻¹, G o fluxo de calor no solo, em MJ m⁻²d⁻¹, T é a temperatura do ar a 2 m de altura, em °C, U_2 a velocidade do vento à altura de 2 m, em m s⁻¹, e_s é a pressão de saturação de vapor, em kPa, e_a é a pressão de vapor atual do ar, em kPa, $(e_s - e_a)$ o déficit de pressão de vapor, em kPa, Δ a declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C⁻¹; e γ a constante psicrométrica, em kPa °C⁻¹.

Os coeficientes da cultura (K_c) utilizados foram os sugeridos pela FAO (2002), com os valores médios de 0,35; 0,75; 1,10; 0,75; e 0,4 para os estágios inicial, vegetativo, florescimento, enchimento dos grãos e maturação fisiológica, respectivamente. Os volumes de água aplicados por unidade de área foram obtidos pela seguinte expressão matemática:

$$V_a = \frac{ET_c \times A_u}{E_a} \quad (02)$$

em que, V_a é o volume de água aplicado por unidade de área (L); A_u é a área máxima ocupada por um metro linear de uma fileira de plantas (m^2) e E_a é a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (em decimal), que foi determinada após a instalação do sistema de irrigação, conforme metodologia descrita por Keller e Bliesner (1990).

As parcelas experimentais foram representadas por seis fileiras de plantas com 7,0 m de comprimento, sendo a área útil os 5 m das duas fileiras centrais. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico, com 73% de areia, 19% de silte e 8% de argila. O preparo do solo consistiu em aração, gradagem e adubação de fundação, recomendada a partir de análise química do solo.

Para análise das respostas fisiológicas das plantas em função das lâminas e dos arranjos de gotejadores adotados, foram avaliadas a fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e a temperatura foliar (Tf), utilizando-se analisador portátil de gás infravermelho IRGA (LI-COR), modelo LI-6400 XT. As trocas gasosas foram medidas entre as 9 e 11 horas, na fase de enchimento de grão da cultura, utilizando-se folhas fisiologicamente maduras, sadias e expostas ao sol.

Durante a colheita foram selecionadas quatro plantas por parcela para avaliação das variáveis diâmetro do caule (base), altura da planta (do colo ao capítulo), peso de capítulo e número de folhas. Em seguida, todas as plantas da área útil foram colhidas para estimativa da produtividade e quantificação do peso de mil aquênios.

Os teores de óleo das sementes foram determinados por modificação do método de Bligh e Dyer (1959), em amostras de 400 mg de sementes descascadas e maceradas em almofariz de porcelana em presença de metanol e clorofórmio, seguido por evaporação dos solventes em placa previamente aferida e aquecida a 45°C. Os dados foram submetidos às análises de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância (Tabela 1), foi considerada a interação entre os três fatores apenas para o peso de mil aquênios, sendo avaliado o efeito independente das lâminas de irrigação sobre o diâmetro do caule, número de folhas e peso do capítulo. A altura das plantas não foi influenciada pelos arranjos de gotejadores, variedade e pelas lâminas aplicadas.

Tabela 1. Análise de variância das variáveis biométricas considerando os fatores: arranjos de gotejadores, variedades e lâminas de irrigação e suas interações.

Fatores de variação	Quadrado Médio				
	Altura	Ø	NF	Aq	MCAP
Arj. Gotej.	95,7 ^{ns}	4,4 ^{ns}	0,02 ^{ns}	17,3 ^{ns}	11,9 ^{ns}
Variedade	70,7 ^{ns}	10,1 ^{ns}	3,80 ^{ns}	50,4 [*]	37,3 ^{ns}
Lâmina	143,4 ^{ns}	10,2 [*]	17,66 [*]	123,5 ^{**}	47,8 [*]
Arj. Gotej. X Variedade	23,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,96 ^{ns}	38,1 ^{ns}
Arj. Gotej. X Lâmina	168,6 ^{ns}	1,2 ^{ns}	10,37 ^{ns}	139,3 ^{**}	25,6 ^{ns}
Variedade X Lâmina	55,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	4,04 ^{ns}	16,9 ^{ns}	9,01 ^{ns}
Arj. Gotej. X Variedade X Lâmina	83,9 ^{ns}	3,4 ^{ns}	2,7 ^{ns}	31,2 [*]	12,2 ^{ns}
Resíduo	229,4	2,9	4,56	8,2	13,1
C.V. (%)	11,6	15,0	10,2	7,7	23,8

Ø= diâmetro do caule; NF= número de folhas; Aq= peso de mil aquênios; MCAP= peso do capítulo. **=p<0,01; *=p<0,05; ns= não significativo.

A produtividade também foi influenciada pela interação entre os arranjos de gotejadores, variedade e lâminas aplicadas (Tabela 2). Os teores de óleo apresentaram diferenças na interação dos arranjos dos gotejadores e as variedades. As taxas de transpiração e a fotossíntese foram influenciadas apenas pelas lâminas de irrigação e a temperatura foliar não foi afetada pelos fatores avaliados.

Tabela 2. Análise de variância da produtividade, teor de óleo e trocas gasosas considerando os fatores arranjos de gotejadores, variedades e lâminas de irrigação e suas interações.

	Quadrado Médio					
	PROD	% Óleo	A	g _s	E	Tf
Arj. Gotej.	0,86 ^{ns}	0,41 ^{ns}	4,42 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Variedade	0,75 ^{ns}	1,35 ^{ns}	6,54 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Lâmina	0,27 ^{ns}	2,26 ^{ns}	112,7 [*]	0,51 ^{**}	4,85 ^{**}	0,016 ^{ns}
Arj. Gotej. X Variedade	0,01 ^{ns}	131,6 [*]	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Arj. Gotej. X Lâmina	0,55 ^{ns}	45,5 ^{ns}	17,8 ^{ns}	0,11 ^{**}	1,71 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Variedade X Lâmina	0,46 ^{ns}	75,8 ^{ns}	93,4 ^{ns}	0,38 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Arj. Gotej. X Variedade X Lâmina	2,14 ^{**}	57,4 ^{ns}	48,4 ^{ns}	0,18 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Resíduo	0,27	28,6	33,4	0,08	1,04	0,008
C.V. (%)	13,4	16,0	19,4	33,4	14,0	0,31

PROD= produtividade; % Óleo= Teor de óleo; A= taxa de fotossíntese; g_s=condutância estomática; E= transpiração; Tf= temperatura foliar. **=p<0,01; *=p<0,05; ns= não significativo.

Considerando o efeito independente das lâminas de irrigação sobre as variáveis biométricas (Figura 1), verificou-se que a altura das plantas não foi influenciada pelas lâminas de irrigação, discordando dos resultados encontrados por Boareto et al. (2012), os quais verificaram que a altura máxima das plantas de girassol foi atingida quando submetidas à lâmina de reposição correspondente a 193% da água evaporada em mini tanque evaporímetro.

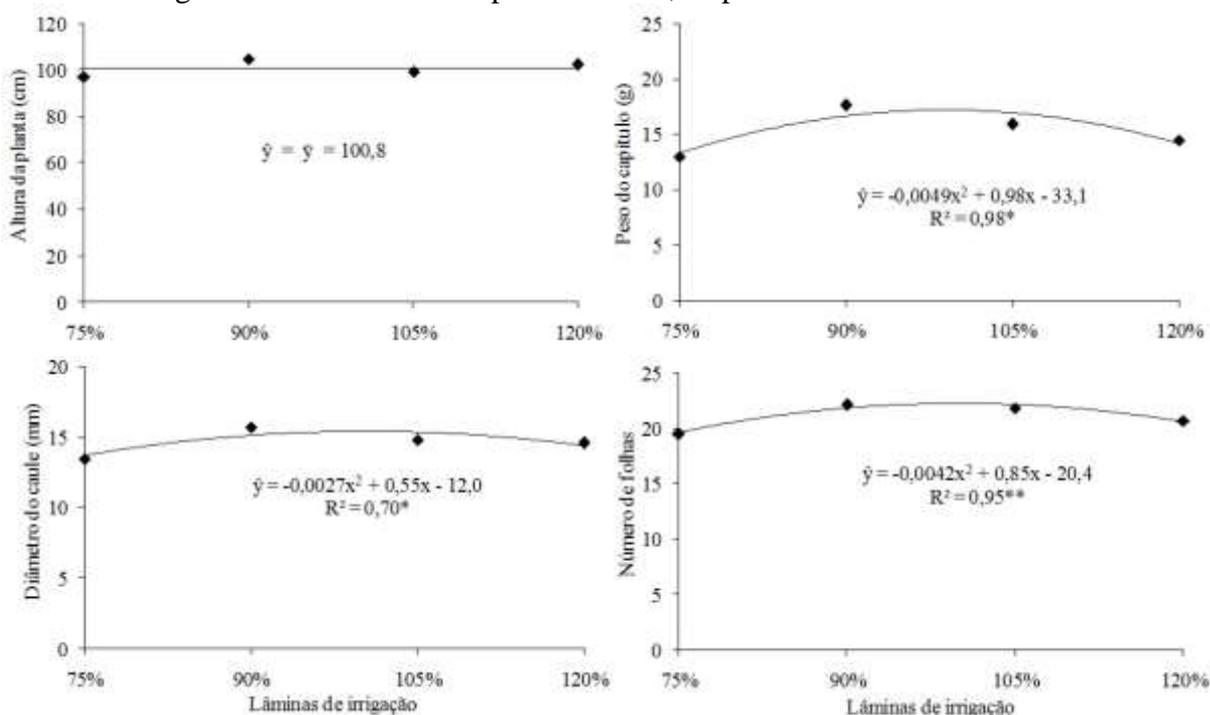
Bassegio et al. (2012) e Boareto et al. (2012) observaram ainda que reduções nas lâminas de irrigação, para reposição de até 50% da água evaporada, diminuí significativamente a altura das plantas. Silva et al. (2012) relaciona esse fato às reduções no

potencial hídrico nas células caulinares, a ponto de desencadear interferências no processo de alongamento celular dos entrenós, acarretando conseqüentemente a redução na altura das plantas.

Por outro lado, o peso do capítulo, o diâmetro do caule e o número de folhas vivas foram influenciados pelas lâminas de irrigação (Figura 1), podendo ser representados por modelos de regressão quadrática, com valores máximos atingidos quando as lâminas representavam 100, 102 e 101% da ET_c , respectivamente.

Essas características demonstram possíveis condições de déficit hídrico para as lâminas correspondentes a 75 e 90% da ET_c , enquanto que valores superiores podem ter ocasionado o encharcamento do solo, causando interferências no crescimento das plantas devido a redução na aeração (hipoxia). Segundo Taiz e Zeiger (2013), em condições de hipoxia, o menor crescimento das plantas se relaciona em parte com a acumulação de etileno na parte aérea, o qual pode causar redução no tamanho das plantas e no crescimento de folhas, caules e raízes; epinastia, senescência e abscisão foliar; formação de raízes adventícias além de reduzir a fotossíntese.

Figura 1. Efeito das lâminas de irrigação na altura das plantas, peso dos capítulos, diâmetro do caule e número de folhas em variedades de girassol. **; * regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.



Reduções no diâmetro do caule também foram observadas por Boareto et al. (2012) e Silva et al. (2012) quando as plantas de girassol foram submetidas a lâminas correspondentes a 50% da água evaporada em mini evaporímetro e em 50% da ET_o estimada pelo tanque classe A, respectivamente. Nezami et al. (2008) relatam que esses efeitos estão relacionados primeiramente com a supressão do crescimento da haste principal e dos ramos laterais, e por conseguinte, à menor partição de matéria seca para o caule. Para Biscaro et al. (2008), maiores diâmetros do caule no girassol podem representar menor vulnerabilidade ao acamamento, além de facilitar a execução de práticas de manejo e tratos culturais.

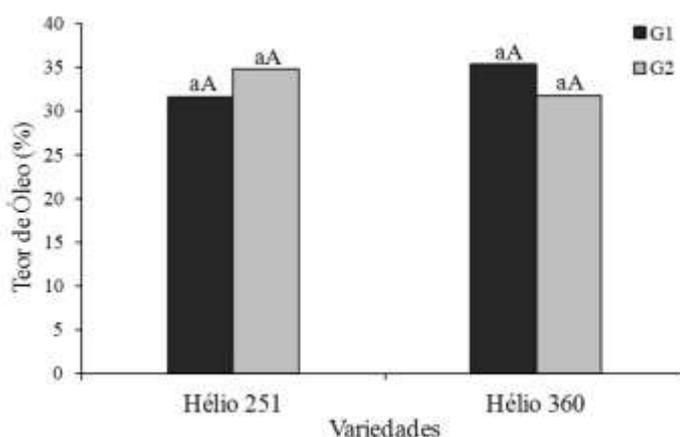
A redução no número de folhas em plantas submetidas às menores lâminas de irrigação confirma a ocorrência de déficit hídrico, tendo em vista que a queda das folhas representa um mecanismo de adaptação das plantas para minimizar as perdas de água em condições de baixa disponibilidade hídrica (TAIZ e ZEIGER, 2013). Essa característica pode variar significativamente entre as variedades de girassol (SOBRINHO et al., 2011), podendo ser um indicativo de maior tolerância à seca.

Esse mecanismo, por outro lado, pode representar uma redução na capacidade fotossintética dessas plantas interferindo diretamente na produção e translocação de fotoassimilados para os aquênios. Esse fato justifica o menor peso dos capítulos em plantas submetidas às lâminas entre 75 e 90% da ET_c . Bassegio et al. (2012) também verificaram que o aumento das lâminas de irrigação proporcionou acréscimos no peso dos capítulos, no entanto, foi verificado que o peso máximo dos capítulos foi obtido para uma lâmina correspondente à 215% da água evaporada em mini tanque evaporímetro.

Em relação aos teores de óleo dos aquênios, não se observou diferenças significativas entre as variedades, arranjos e lâminas aplicadas (Figura 2). Esses resultados foram inferiores aos encontrados por Silva et al. (2011), trabalhando com duas cultivares de girassol, onde foram verificados teores de 45% (Embrapa 122 V-2000) e 43% (Catissol 01). Pivetta et al. (2012), avaliando seis híbridos de girassol, observaram que o híbrido com menor teor de óleo apresentou 35%.

Dessa forma, o teor de óleo dos aquênios parece apresentar mais relação com a característica genética da variedade ou híbrido de girassol, do que necessariamente com a disponibilidade de água para as plantas.

Figura 2. Teor de óleo entre as variedades de girassol para cada arranjo de gotejadores, sendo G1: uma linha de gotejo para cada fileira de plantas e G2: uma linha única de gotejo entre duas fileiras de plantas. Mesma letra minúscula entre as variedades e mesma letra maiúscula entre os arranjos de gotejadores não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Para a Hélio 251, o peso de mil aquênios foi influenciado pelas lâminas de irrigação nos dois arranjos de gotejadores (Figura 3), seguindo modelo de regressão quadrático crescente até a lâmina de 98% da ET_c para o sistema em fileiras duplas e decrescente até a lâmina correspondente a 100% da ET_c para fileiras simples. Já para a Hélio 360, as lâminas não apresentaram efeito sobre o peso de mil aquênios para o método de fileiras duplas, sendo crescente e atingindo valor máximo em 99% da ET_c para fileiras simples.

No geral, as médias do peso de mil aquênios se encontram inferiores às encontradas por Carvalho e Pissaia (2002), os quais obtiveram valores entre 68,0 e 71,0 g. Silva et al. (2011) também encontraram valores maiores, com máximas de 73 e 71g para as variedades Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente. Por outro lado, Amorim et al. (2008) também mensuraram esta variável e constataram que as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000 atingiram uma média de 38 e 39 g, respectivamente.

A produtividade de aquênios de girassol foi influenciada pelas lâminas de irrigação, nos dois arranjos de gotejadores, apenas para a Hélio 251 (Figura 4), apresentando maiores valores e sem diferenças entre si para as lâminas de 90 e 105% da ET_c , aplicadas no sistema de fileiras simples, e produtividade inferior às demais em 90% da ET_c quando aplicada em fileiras duplas. Hélio 360 não foi influenciada pela disposição dos arranjos de gotejadores e nem pelas lâminas aplicadas, o que demonstra uma alta plasticidade dessas plantas para produzir em diferentes condições de disponibilidade hídrica na região.

Figura 3. Influência das lâminas de irrigação no peso de 1000 aquênios (g) para os diferentes arranjos de gotejadores em cada variedade, sendo G1: uma linha de gotejo para cada fileira de plantas e G2: linha única de gotejo para duas fileiras de plantas. ** e * são regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

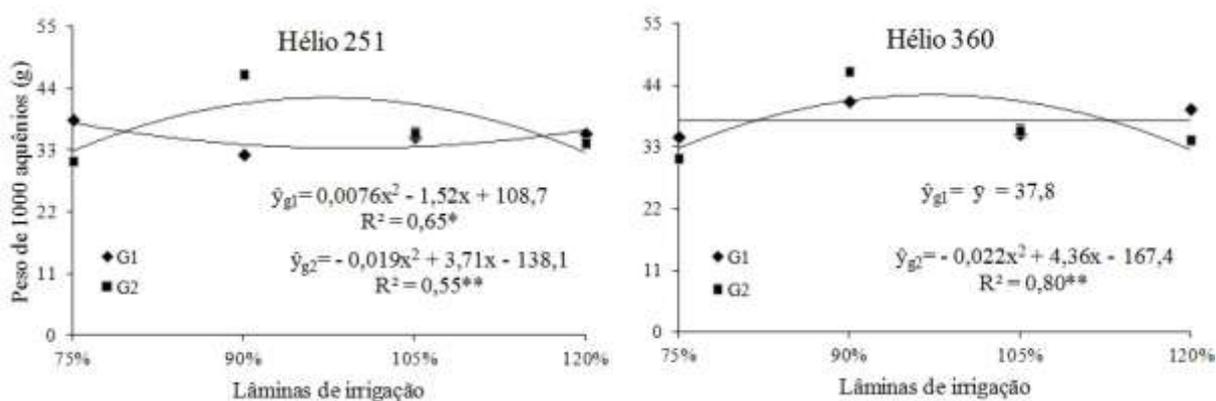
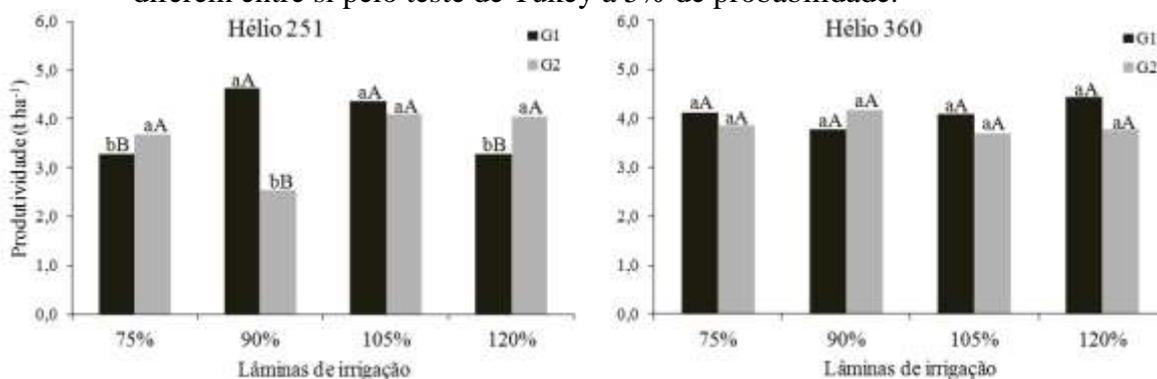


Figura 4. Influência das lâminas de irrigação na produtividade ($t\ ha^{-1}$) para os diferentes arranjos de gotejadores em cada variedade. Mesma letra minúscula entre os arranjos de gotejadores e mesma letra maiúscula entre as lâminas de irrigação não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



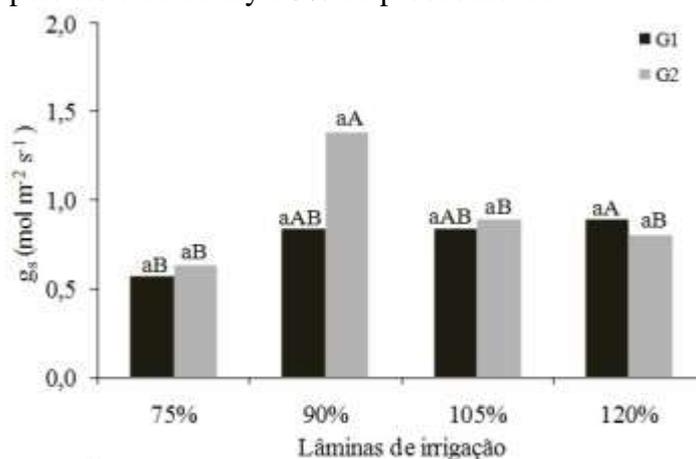
No entanto, Gomes et al. (2010) observaram que apesar de a ausência de irrigação não ter ocasionado baixa produtividade em variedades de girassol, a aplicação suplementar de

água pode promover significativo incremento de produção, desde que estabelecidos valores de coeficientes de cultura adequados. Jordan et al. (2012), também verificaram que a irrigação propiciou aumento de produtividade das duas variedades de girassol trabalhadas.

Verificou-se que a condutância estomática (g_s) foi influenciada pelas lâminas de irrigação nas diferentes disposições da linha de gotejo (Figura 5), sendo, para as fileiras simples, observada uma tendência de acréscimos na g_s com o aumento das lâminas de irrigação. Para o sistema em fileiras duplas a máxima g_s ocorreu para a lâmina correspondente a 90% da ET_c .

Segundo Larcher (2000), a redução na g_s está relacionada com o fechamento dos estômatos, sendo considerado o primeiro mecanismo a ser ativado em condições de déficit hídrico, o que justificaria os menores valores de g_s para a lâmina de 75%. Por outro lado, as lâminas de 105 e 120% da ET_0 para os gotejadores instalados em fileiras duplas permitiram diminuição nos valores de g_s , que segundo Fernandes (2006) pode representar uma resposta ao excesso de água, através da qual ocorre a síntese de ácido abscísico (ABA) em raízes submetidas à deficiência de O_2 , e posterior transporte para as folhas, ativando o fechamento estomático mesmo sem haver decréscimos no potencial hídrico foliar.

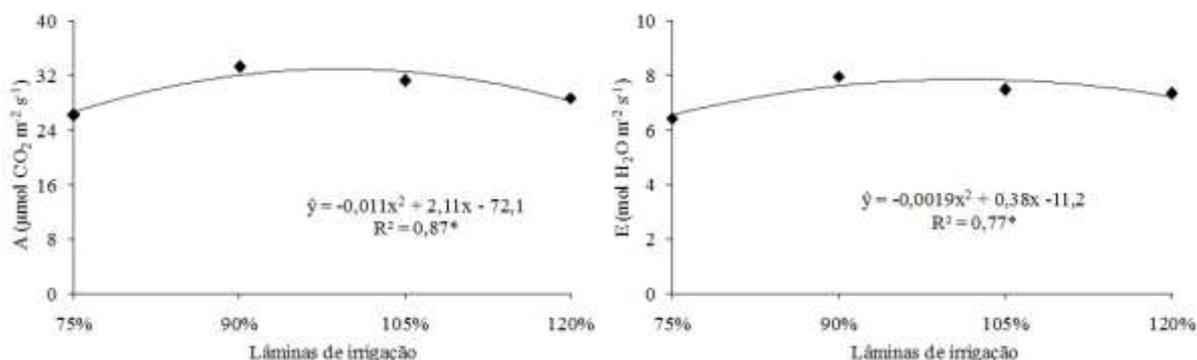
Figura 5. Influência das lâminas de irrigação na condutância estomática (g_s) para os diferentes arranjos de gotejadores. Mesma letra minúscula entre os arranjos de gotejadores e mesma letra maiúscula entre as lâminas de irrigação não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.



Para as taxas de fotossíntese e transpiração (Figura 6) os efeitos significativos foram apenas para as lâminas de irrigação, sendo os valores máximos obtidos em 96 e 100% da ET_c . Dessa forma, independente do arranjo dos gotejadores, as lâminas de 75 e 90% evidenciaram condições de déficit hídrico, o que limitou a fotossíntese e a transpiração, enquanto que a partir da lâmina de 105% pode ser considerada a ocorrência de excesso de aplicação de água, restringindo a aeração do solo e interferindo nas trocas gasosas.

Outro fator importante que pode estar relacionado com o excesso de água é a ocorrência de lixiviação de nutrientes, limitando sua disponibilidade para as plantas e influenciando de forma negativa na fotossíntese.

Figura 6. Influência das lâminas de irrigação na taxa de fotossíntese (A) e transpiração (E) para os diferentes arranjos de gotejadores. **: * regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.



6 CONCLUSÕES

A lâmina correspondente a 100% da ET_c é adequada para cultivo das variedades de girassol Hélio 251 e Hélio 360 irrigadas por gotejamento na região do Submédio São Francisco.

O arranjo dos gotejadores em fileiras duplas é mais viável para o cultivo de girassol, tendo em vista sua maior economia na instalação do sistema de irrigação, uma vez que seu efeito é semelhante ao de fileiras simples.

O teor de óleo dos aquênios não é influenciado pela disponibilidade de água para as plantas.

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, 56, 1998, 297 p.
- AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, v. 67, n. 02, p. 307-316, 2008.
- BASSEGIO, D.; SANTOS, R. F.; RUFFATO, G. G.; CARPINSKI, M.; BOARETO, B. Manejo da irrigação através de evaporímetro na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agronomic Sciences**, v. 1, n. 2, p.110-118, 2012.
- BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 246-250, 2009.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; RESENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a

diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 07, p. 730-735, 2010.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. de. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia- MS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1366-1373, 2008.

BLIGH, E. G; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**. n. 37, p. 911-917, 1959.

BOARETO, B. SANTOS, R. F.; CARPINSKI, M. MARCO JR, J.; BASSEGIO, D.; WAZILEWSKI, W. T. Manejo de irrigação de plantas energéticas. **Acta Iaguazu**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2012.

CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: I- rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Scientia Agraria**, v. 3, n.1-2, p. 41-45, 2002.

CECHIN, I.; CORNIANI, N.; FUMIS, T. F.; CATANEO, A. C. Diferentes respostas entre folhas adultas e jovens de plantas de girassol ao estresse oxidativo causado pelo déficit hídrico. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1290-1294, 2010.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. **Crop Water Management**. Sunflower. 2002. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sunflower.html. Acesso em: 15 de fev. 2012.

FERNANDEZ, M. D. Changes in photosynthesis and fluorescence in response to flooding in emerged and submerged leaves of *Pouteria orinocoensis*. **Photosynthetica**, v. 44, p. 32-38, 2006.

GOMES, E. P.; ÁVILA, M. R.; RICKLI, M. E.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do arenito caiuíá, estado do Paraná. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 373-385, 2010.

GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ÁVILA, M. R.; BISCARO, G. A.; REZENDE, R. K. S.; JORDAN, R. A. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 16, n. 3, p. 237-246, 2012.

JORDAN, R. A.; GOMES, E. P.; BISCARO, G. A. Impact of irrigation on yield and energy balance of the production of oil and cake of two sunflower varieties. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p.1048-105, 2012

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Ed. Rima, São Paulo, 2000. 531p

MARQUELLI, W. A.; SANT'ANA, R. R.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L.; VILELA, N. J. Avaliação técnica e econômica do espaçamento de gotejadores em tomateiro para

processamento cultivado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 202-206, 2003.

MERRIEN, A.; MILAN M. J. **Physiologie du Tournesol**. Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, Paris , p. 21-27, 1992.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; REZAZADEH, Z. B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Journal Desert**, v. 12, p. 99-104, 2008.

PIVETTA, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 561-568, 2012.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. da S. **Dados da precipitação, evaporação potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido, 1983. 280 p.

SANTOS, M. J. DOS; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semiárido de Sergipe. **Engenharia Ambiental**, v. 6, p. 55-73, 2009.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; FREITAS, C. A. S.; PEREIRA-FILHO, J. V.; ANDRADE, R. R.; FEITOSA, D. R. C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 9, p. 959-968, 2012.

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**, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SOBRINHO, S. P.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

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

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.